

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ I

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
19 – 21 мая 2020 г.*

выпуск 24

Под общей редакцией профессора М. В. Темлянцева

**Новокузнецк
2020**

ББК 74.580.268
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Темлянец М.В.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р геол.-минерал. наук, профессор Гутак Я.М.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.,
д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.,
д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2020. – Вып. 24. – Ч. I. Естественные и технические науки. – 480 с., ил. – 164 , таб. – 88.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования ресурсов.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

УДК 669.14.018.294:539.2

СТРУКТУРА РЕЛЬСА ПОД БЕЛЫМ СЛОЕМ

Жаворонкова Е.Ю.

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: katerina.zhavoronkova@mail.ru*

В данной работе описывается структура рельса под белым слоем. А также указаны основные особенности этой исследуемой области. Данные получены путем проведения литературного обзора.

Ключевые слова: рельсы, микроструктура, белый слой, перлит, мартенсит

Введение.

На поверхности рельсовой стали при сравнительно небольшом пропущенном тоннаже 100-500 млн. тонн брутто [1] образуется белый слой (рисунок 1).

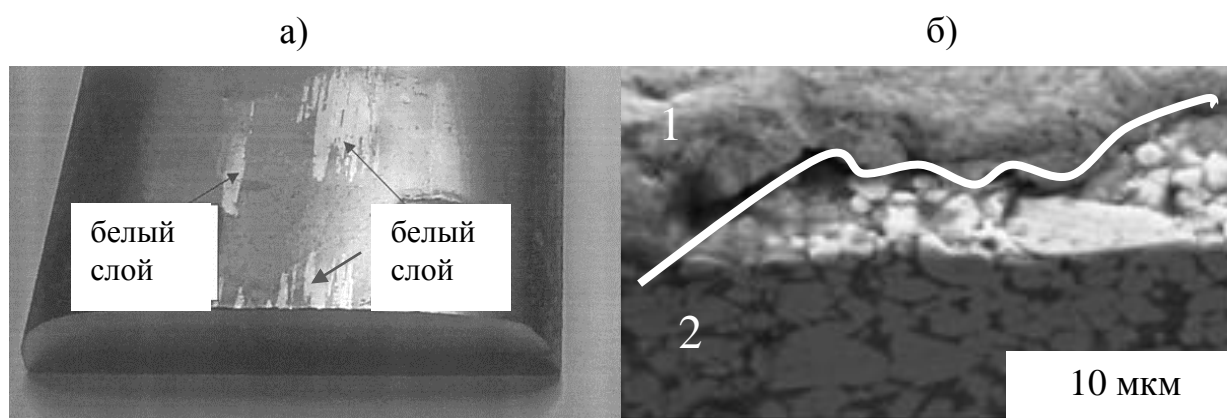


Рисунок 1 – Белый слой на поверхности рельса S54 после эксплуатации:
а) макроскопическое изображение; б) изображение РЭМ приповерхностной области рельсовой стали после испытаний: 1 – белый слой;
2 – подповерхностный слой [2]

Известно [3], что микроструктура белого слоя представляет собой мелкозернистый остаточный нанокристаллический мартенсит, содержащий растворенный углерод, а также карбиды размером несколько нанометров, а именно средний размер зерна находится в диапазоне от 30 до 500 нм [4]. Это приводит к необычным значениям микротвердости (до 1200 HV). Про то, какая структура образуется под белым слоем проведено мало исследова-

ний, в том числе лит. обзоров. Значит, цель данной работы – выяснить структуру материала-рельса под белым слоем, используя экспериментальные данные других ученых по исследованию белого слоя.

Основная часть. Согласно нидерландским исследованиям [5], между белым слоем (или островками) и насыщенным деформацией перлитом обнаруживается промежуточный и четко различимый слой: «коричневый травильный слой» [6]. Он также безликый, обладает сравнимыми с белым слоем свойствами и имеет глубину около 50 мкм. Возможно, что вызванное напряжением растворение цементита в перлите развивается в две отдельные стадии. Поэтому и образуется «коричневый» слой.

Согласно исследованию просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), проведенному Лойковским и соавт [7], который обнаружил подобное явление, этот промежуточный слой происходит от механической холодной обработки.

Под белым слоем наблюдается область деформированного перлита (рисунок 2). Интерфейс WEL-перлит имеет ширину менее 2 мкм.



Рисунок 2 - Перлитная структура под белым слоем (рельс S54) [8]

Как видно на рисунке 2, структура под белым слоем имеет деформированные и разбитые цементитовые пластинки.

Процесс упрочнения обусловлен уменьшением межслойного расстояния и может быть описан в соответствии с соотношением Холла-Петча. Данное соотношение между пределом текучести $\sigma_{0,2\%}$ и размером зерна d для поликристаллического материала имеет вид:

$$\sigma_{0,2\%} = \sigma_0 + \frac{K}{\sqrt{d}},$$

где σ_0 - напряжение трения, которое необходимо для скольжения дислокаций в монокристалле;

K - индивидуальная для каждого материала константа («коэффициент Холла–Петча»).

Закон Холла–Петча дает количественное описание роста предела текучести поликристаллического материала с уменьшением размера зерна. В основе этой зависимости лежат дислокационные механизмы пластической деформации: границы зерен тормозят движение дислокаций. Кроме поликристаллических материалов, данное соотношение применимо также для некоторых слоистых материалов.

Важно отметить, что для наноматериалов с размером зерна порядка нескольких десятков нанометров этот закон в той или иной мере нарушается, и проявляется так называемый обратный эффект Холла–Петча, механизмы которого в настоящее время недостаточно изучены. Однако сделав приближение, что «коричневый слой» имеет размер зерна, отличный от наноразмеров, получим полуэмпирическую формулу, описывающую взаимосвязь между условным напряжением 0,2% ($\sigma_{0,2\%}$) и средним межмолекулярным расстоянием (d в нм) для перлитных сталей ($K = 8,3 \text{ Н/мм}^{3/2}$):

$$\sigma_{0,2\%} = 85,9 + \frac{8,3}{\sqrt{d}} \text{ [Н/мм}^2\text{]} \quad (1)$$

Поскольку пробное напряжение соответствует пределу прочности на растяжение ($\frac{\sigma_{0,2\%}}{\sigma_0} = 0,55-0,7$ для перлитных рельсовых сталей), твердость ниже белого слоя может быть рассчитана в соответствии с данной формулой (1) ($\sigma_0 \approx 3,38 \text{ НВ}$).

Однако экспериментальные измерения показывают среднее расстояние между перлитами 200 нм (недеформированная микроструктура) и приблизительно 60 нм под белым слоем. Твердость переходного слоя (под белым слоем) увеличивается от 270 НВ до 420 НВ (300-460 ГПа). Твердость же исходной недеформируемой области рельса – перлита остается неизменной – 180 НВ.

Выводы. Таким образом, путем проведения лит. обзора были обобщены знания ученых о промежуточном слое. А именно установлено, что «коричневый» слой: а) имеет также наноразмеры (размер зерна 60 нм); б) достаточно прочный (300-460 ГПа) и в) имеет перлитную структуру.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ № 19–32–60001.

Библиографический список

1. Кормышев В.Е., Жаворонкова Е.Ю., Рубанникова Ю.А., Громов В.Е., Юрьев А.А. «Белые» слои на поверхности рельсов. Вестник Сиб ГИУ. 2020. №1 (31). 5–8.

2. Сарычев В.Д., Жаворонкова Е.Ю., Кормышев В.Е. Механизм формирования поверхностных наноструктурных и аморфных слоев при интен-

сивной пластической деформации. Сборник научных трудов в 9 ч. / под ред. Гадюкиной А.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2019. Ч. 9. 263–266.

3. Wild W.L., Hasse B., Wroblewski T., Goerigk G., Pyzalla A.E. Microstructure alterations at the surface of a heavily corrugated rail with strong ripple formation. *Wear* 2003. V. 254. 876–883.

4. Сарычев В.Д., Громов В.Е., Невский С.А., Низовский А.И., Коновалов С.В. Формирование нанослоев за счет развития гидродинамических неустойчивостей при внешних электрических воздействиях. *Материаловедение. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2016. Т. 59. Вып. 10. 679–687.

5. Steenbergen M., Dollevoet R. On the mechanism of squat formation on train rails–Part I: Origination. *Int. J. Fatigue* 2013. 47. 361–372.

6. Steenbergen M. Squat formation on train rails. Internal report. Delft University of Technology. 2011. 7–11.

7. Lojkowski W, Djahanbakhsh M, Вьrkle G, Gierlotka S, Zielinski W, Fecht H-J. Nanostructure formation on the surface of railway tracks. *Mater Sci Eng A* 2001. № 303. 197–208.

8. Baumann G., Fecht H.J., Liebelt S. Formation of white-etching layers on rail treads. *Wear* 1996. V. 191. 133–140.

УДК 159.947.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МЕНЕДЖМЕНТЕ

Исмаилов Ф.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вахнина О.В.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: ismailzade.f02@gmail.com*

Математические методы с уверенностью можно назвать одними из наиболее важных инструментов анализа явлений и процессов, происходящих в экономике. На их основе происходит построение теоретических моделей, позволяющих выявить наличие связи между различными экономическими показателями, прогнозировать поведение субъектов экономики и динамику экономической деятельности. Математическое моделирование можно рассматривать как современный язык экономической теории, который одинаково понятен для ученых и экономистов всех стран мира.

Ключевые слова: математические методы, финансовая математика.

В экономике математические методы принято одним из научных направлений данной отрасли, которое направлено на исследование с помощью математических моделей экономических процессов и систем [1-5].

Не менее значимым является использование математических методов и в сфере управления, в менеджменте, где они направлены на совершенствование систем управления, определение эффективности проведения самого процесса управления.

С помощью математических методов можно существенно снизить временные затраты на проведение экономического анализа, при этом данные методы способствуют более полному учету факторов, оказывающих влияние на результат деятельности предприятия, компании или холдинга.

Также, существенным преимуществом применения математических методов является минимизация риска ошибочного вывода и точность вычислений. Они играют важную роль при установлении целей и ориентиров развития фирмы, поскольку позволяют объективно оценить экономическую эффективность деятельности предприятия и определить наиболее приемлемые способы управления предприятием.

Стоит отметить и универсальность возможности применения математических методов анализа. Причиной этого является универсальность языка математики. Нередко можно заметить, что ученые и исследователи говорят об одном и том же явлении или проблеме по-разному, учитывают ее разные особенности и не могут прийти к консенсусу. Решением данной проблемы может стать ее перевод на математический язык, при помощи которого сразу будут выявлены общие закономерности и даже могут быть получены практически готовое решение, полученное ранее где-то в другой отрасли знаний и для других целей. Формализация количественных и качественных сторон проблемы является основной предпосылкой использования математики для решения различных вопросов.

Параллельно развитию экономических систем развиваются и сами математические методы, применяемые в экономике. При этом умозаключение о том, что новые методы с неизбежностью отбрасывают старые, является неверным. Чаще всего, в такой ситуации происходит взаимопроникновение методов, включение старых теорий в новые, в качестве частного случая.

Основной задачей финансовой математики является построение поведенческих моделей экономических процессов, которые так или иначе связаны с заимствованием денежных средств в той или иной форме (инвестиционная деятельность, различного рода кредитование). Целью оптимизации системы является минимизация риска по предоставлению денежных средств и максимизация прибыли инвестора.

Принятие правильных управленческих решений всегда считалось своеобразным искусством. Если решение верное, то его реализация может привести к осязаемому положительному эффекту. Социально-экономические процессы, происходящие в современном обществе, сложны и неоднозначны, поэтому принятие управленческих решений в этой ситуации налагает огромную ответственность на руководителей всех рангов, тем более что решения принимаются перед лицом разнообразия объективно суще-

ствующих альтернатив и ограниченные возможности для менеджеров. Цена ошибки в этом случае может быть слишком большой, поскольку она затрагивает жизненно важные интересы всех членов коллектива.

Математические методы, прежде всего, можно рассматривать как достаточно эффективные средства структурированного, более компактного и предсказуемого представления доступной информации. Это особенно заметно в тех случаях, когда информация указана в виде числовых массивов, графических форм и т. д.

Анализ результатов обработки математических данных дает возможность получить некоторые рекомендации по различным методам действий. При принятии решений в больших проблемах с их, как правило, огромными объемами информации - это играет важную роль. Следует также отметить, что существует ряд типичных ситуаций управления, которые допускают определенную формализацию, где математические подходы и соображения, которые оправданно становятся решающими. Так активно используются линейные модели: проблемы составления смесей, производственные задачи, транспортные задачи.

Математическое моделирование можно рассматривать как современный язык экономической теории, который одинаково понятен ученым и экономистам всех стран мира. В экономике математические методы приняты одним из научных направлений данной отрасли, которое направлено на исследование с помощью математических моделей экономических процессов и систем. Не менее значимым является использование математических методов и в сфере управления, где они направлены на совершенствование систем управления, определение эффективности проведения самого процесса управления. С помощью математических методов можно существенно снизить временные затраты на проведение экономического анализа, при этом данные методы способствуют более полному учету факторов, оказывающих влияние на результат деятельности предприятия, компании или холдинга. Также, существенным преимуществом применения математических методов является минимизация риска ошибочного вывода и точность вычислений. Они играют важную роль при установлении целей и ориентиров развития фирмы, поскольку позволяют объективно оценить экономическую эффективность деятельности предприятия и определить наиболее приемлемые способы управления предприятием.

С помощью математических методов можно существенно снизить временные затраты на проведение экономического анализа, при этом данные методы способствуют более полному учету факторов, оказывающих влияние на результат деятельности предприятия, компании или холдинга. Также, существенным преимуществом применения математических методов является минимизация риска ошибочного вывода и точность вычислений. Они играют важную роль при установлении целей и ориентиров развития фирмы, поскольку позволяют объективно оценить экономическую эффективность дея-

тельности предприятия и определить наиболее приемлемые способы управления предприятием.

Стоит отметить и универсальность возможности применения математических методов анализа. Причиной этого является универсальность языка математики. Нередко можно заметить, что ученые и исследователи говорят об одном и том же явлении или проблеме по-разному, учитывают ее разные особенности и не могут прийти к консенсусу.

Библиографический список

1. Клочков Ю.В. Математика как основа формирования профессиональной компетентности будущего специалиста / Ю.В. Клочков, О.В. Вахнина // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 237-243.

2. Вахнина О.В. Использование интернет-тестирования в рейтинговой оценке студентов / О.В. Вахнина, Ю.В. Клочков // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы научно-методической конференции. – 2016. – С. 27-28.

3. Гришина Л.В. Элементы векторной алгебры в задачах экономического содержания / Л.В. Гришина, О.В. Вахнина // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 547.

4. Кулина В.В. Применение элементов матричной алгебры в решении экономических задач / В.В. Кулина, О.В. Вахнина // Вклад молодых ученых в аграрную науку материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 548-549.

5. Каёхтина А.В. Применение элементов аналитической геометрии при моделировании экономических процессов / А.В. Каёхтина, О.В. Вахнина // Наука и молодёжь: новые идеи и решения, материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. – 2016. – С. 12-14.

УДК: 519.22

ПРИЛОЖЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ПСИХОЛОГИИ

Кустова А.Д.

Научный руководитель: канд. техн. наук Соболевская Т.А.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: moonway13@rambler.ru*

В статье отмечена роль математической статистики для психологии. Рассмотрен пример анализа данных, полученных при анкетировании психоло-

гом школьников. Приведены таблицы исходных данных и вычисленных теоретических частот. выполнена проверка гипотезы по критерию хи-квадрат.

Ключевые слова: психология, математическая статистика, статистические данные, частота, хи-квадрат распределение.

В такой науке как психология математическая статистика является незаменимым компонентом. Благодаря различным способам (анкетирование, тестирование) выявляются особенности поведения человека в числах, с которыми в дальнейшем уже работают методами математической статистики [1]. Применение математической статистики в психологии просто необходимо, так как без неё психология была бы неинформативной наукой, которая основывалась лишь на догадках и предположениях.

Рассмотрим простой случай использования математической статистики. Предположим, что психолог одной из школ провёл исследование школьников параллельных классов. Исследование заключалось в выявлении среди подростков таких параметров, как экстраверсия - интроверсия и уровень интеллекта. Психолога заинтересовала связь этих параметров между собой, перед ним встала задача выяснить: «действительно ли, что интроверты умнее экстравертов». Психолог поделил испытуемых на две подгруппы: экстравертов и интровертов, так, чтобы в группах было примерно одинаковое число лиц со средним уровнем интеллекта. Если, скажем, что у интровертов в среднем IQ выше, значит, они умнее экстравертов. Также психолог предложил второй подход – поделить на две группы так, чтобы в одной были только экстраверты, в другой только – интроверты. Эти подходы относительно разные, но несут за собой одну и ту же связь.

Математическая статистика иногда приводит к невероятным открытиям. Например, однажды нашего психолога поразило, что в одной школе экстраверты умнее интровертов, хотя ранее он такого не встречал. Он начинает разбираться в этом и выясняет, что в одной школе экстраверты ходят на дополнительные занятия по математике, где с ними работает эмоциональный учитель, который на каждый урок придумывает что-то заводное и увлекательное. А интроверты ходят на факультатив по истории, где учитель спокойный, неэмоциональный.

Теперь разберемся в психологической задаче: Девочкам и мальчикам 13 лет предлагали опросник «Я-концепция» Пирс-Харриса. На вопрос «Когда я вырасту, я стану важным человеком для своей страны» ответили из 12 девочек «да» – 11, а из 10 мальчиков – 6. Остальные ответили «нет». Можно ли судить о половых различиях при ответе на данный вопрос? Можно ли утверждать, что девочки в этом возрасте на данный вопрос отвечают чаще «да» чем «нет», а у мальчиков такой тенденции не выявлено. Решим данную задачу.

Таблица 1 – Сводная таблица

	A ₁ «да»	A ₂ «нет»	n _{i*}
B ₁ девочки	11	1	12
B ₂ мальчики	6	4	10
n _{*j}	17	5	22

Для проверки независимости признаков «А» и «В» проверяем нулевую гипотезу H₀: (p_{ij} = p_i*p_j для всех i, j).

Вычислим статистику χ² набл по формуле: $\chi^2 = \sum \sum (n_{ij} - n_{ij}^*)^2 / n_{ij}^*$, где n_{ij} – наблюдаемые частоты.

Рассчитаем теоретические частоты по формуле:

$$n_{ij}^* = (n_i \cdot n_{*j}) / n$$

для всех клеток таблицы

$$n_{11}^* = (n_1 \cdot n_{*1}) / n = (12 \cdot 17) / 22 = 9.27$$

$$n_{12}^* = (n_1 \cdot n_{*2}) / n = (12 \cdot 5) / 22 = 2.73$$

$$n_{21}^* = (n_2 \cdot n_{*1}) / n = (10 \cdot 17) / 22 = 7.73$$

$$n_{22}^* = (n_2 \cdot n_{*2}) / n = (10 \cdot 5) / 22 = 2.27$$

Получим таблицу сопряженности теоретических частот распределения.

Таблица 2 – Получившиеся данные

	A ₁	A ₂	n _{i*}
B ₁	9.27	2.73	12
B ₂	7.73	2.27	10
n _{*j}	17	5	22

Вычислим статистику χ²:

$$\chi^2 = \sum \sum (n_{ij} - n_{ij}^*)^2 / n_{ij}^* = (11 - 9.27)^2 / 9.27 + (1 - 2.73)^2 / 2.73 + (6 - 7.73)^2 / 7.73 + (4 - 2.27)^2 / 2.27 = 3.115$$

По таблице χ²-распределения находим:

$$\chi^2_{\text{крит}}(0.05; 1) = 3.84146,$$

где v = (r-1)(s-1) = (2-1)(2-1) = 1 - число степеней свободы.

Так как вычисленное значение хи-квадрат не попадает в критическую область, то гипотеза о независимости принимается с вероятностью 0,05.

То есть нельзя говорить, что девочки чаще отвечают «да» чем мальчики.

На сегодняшний день для выполнения статистических расчетов основными компьютерными программами являются Statistica, MedCalc, среда статистических вычислений и язык программирования R. Делая вывод из всего вышесказанного, отметим, что математику необходимо изучать не только студентам технических специальностей, которые в последующем будут применять ее в экономике, технике, энергетике и т.д. [2-4], но и студентам гуманитарных специальностей, которые также должны знать все современные методы исследований и программирования [5, 6].

Библиографический список

1. Корбакова, Т.С. Статистический анализ динамики продолжительности жизни населения Российской Федерации [Текст] / Т.С. Корбакова, Т.А. Соболевская // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2019. С. 299-301.

2. Бунина, И.А. Минимизация отходов математическими методами при раскрое древесины в деревообрабатывающей промышленности [Текст] / И.А. Бунина, Ю.А. Садчикова, Т.А. Киселева // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Кинель, 2016. С. 80-81.

3. Немашкалова, М.С. Решение проблемы увеличения освещенности помещения методами математического анализа [Текст] / М.С. Немашкалова, Д.А. Шаховая, Т.А. Киселева // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2016. С. 19-20.

4. Дмитриенко, Н.В. Математические методы при расчете длины стрелы автомобильного крана [Текст] / Н.В. Дмитриенко, А.А. Шаповалова Т.А. Киселева // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. Кинель, 2016. С. 317-318.

5. Киселева Т.А. Использование карт памяти в процессе преподавания дискретной математики в ВУЗе [Текст] / Т.А. Киселева // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы Международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 229-233.

6. Киселева Т.А. Особенности методики преподавания курса дискретной математики в ВУЗе [Текст] / Т.А. Киселева // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы Международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 233-237.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА РЕАКЦИЮ НИТРАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ХЛОРИДОМ ФОСФОРА(V)

Мадякина А.М., Сабирова Д.И., Романова С.М.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, e-mail: almi_almi@mail.ru*

Изучено взаимодействие хлорида фосфора(V) с нитратом целлюлозы в среде пиридина и бензола. По результатам полученных экспериментальных и данных физико-химических исследований продуктов взаимодействия выявлены преимущественные направления реакций.

Ключевые слова: нитрат целлюлозы, хлорид фосфора(V), пиридин, бензол, хлорирование.

Получению новых производных нитратов целлюлозы посвящено немало работ [1-3]. Интерес представляют реакции получения галогенпроизводных нитратов целлюлозы. Как известно [4], введение в полимеры галогенов понижает их горючесть, и к тому же, атомы галогенов, являясь подвижными, могут замещаться под действием различных нуклеофилов, что открывает возможность их использования в народном хозяйстве. Галогенпроизводные нитрата целлюлозы могут также служить промежуточными соединениями для синтеза разнообразных его производных.

Целью данных исследований являлось изучение процесса взаимодействия нитрата целлюлозы (степень замещения нитратных групп 2,52) с хлоридом фосфора(V), который согласно литературным данным [5] используется как сильный хлорирующий агент.

Первоначально химическое превращение НЦ осуществлялось в гомогенной среде в пиридине, который является слабым основанием, за счет чего может катализировать процесс [6], в интервале температур 2-3 °С. При проведении эксперимента, реакционная масса необратимо перешла в нерастворимое и неплавкое состояние. Выделенные твердые полимерные продукты не имели в своем составе хлор, но элементный анализ показал незначительное превышение в содержании углерода по сравнению с исходным НЦ.

На основании элементного анализа рассчитаны формулы элементарного звена конечного продукта. Строение полученных продуктов предложено на основании данных ИК-, ЯМР ¹H спектроскопии.

Так в ИК-спектрах синтезированных полимерных соединений, кроме полос поглощения, характерных для связей в НЦ, присутствуют полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям кратной связи С=С – 1640-1650 см⁻¹, размытие и уширение полосы, относящейся к глюкопиранозному кольцу, свидетельствует об образовании ангидроциклов [7].

В спектрах ЯМР ¹H продуктов реакции помимо сигналов, соответ-

ствующих протонам исходного НЦ, присутствуют сигналы 5,31-5,27 м.д. отнесенные к протону при кратной связи, а также сигнал 2,30-2,31 м.д., возникающий в результате образования ангидроциклов, соответствующий протону, связанному с углеродом в простой эфирной группировке [8].

Таким образом, при взаимодействии НЦ с пентахлоридом фосфора в пиридине вероятно образование хлорпроизводных НЦ, которые подвергаются дегидрохлорированию пиридином, в результате чего образуются кратные связи между атомами С₂ и С₃, С₃ и С₄ глюкопиранозного кольца, ангидроциклы, межмолекулярные связи, а также карбонильная функция [9-10].

Для получения галогенпроизводных эфиров целлюлозы серия реакций НЦ с РСl₅ проводилась в бензоле (76-78°C). Выделенные твердые полимерные продукты представляли собой белые волокнистые вещества, нерастворимые в органических растворителях.

В ИК-спектрах синтезированных полимерных соединений, кроме полос поглощения, характерных для связей в НЦ, присутствуют полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям атома хлора – 730-735 см⁻¹ и кратной связи – 1640-1660 см⁻¹. Спектры ЯМР и ¹³С продуктов также подтверждают предлагаемые формулы синтезированных эфиров целлюлозы.

Помимо сигналов, соответствующих углеродам глюкопиранозного кольца, спектр содержит характеристический сигнал углерода, связанного с С-Cl в области 28,95 м.д.; углерода при кратной связи С=C - 114,58 м.д. Также в спектрах присутствуют сигнал: 162,92 м.д., соответствующий О=C-C в карбонильных соединениях, и 69,9 м.д. – С-O-C – в циклических эфирах.

В результате взаимодействия происходит незначительное отщепление нитратных групп с образованием гидроксильных в результате вторичных процессов (остаточная влага; выделяющийся хлороводород, создающий кислую реакционную среду).

Анализ выполненных исследований показывает, что при взаимодействии НЦ с пентахлоридом фосфора в полярном растворителе пиридине вероятно образование хлорпроизводных НЦ, которые подвергаются дегидрохлорированию пиридином, в результате чего образуются кратные связи между атомами С₂ и С₃, С₃ и С₄ глюкопиранозного кольца, ангидроциклы, межмолекулярные связи, а также карбонильная функция [9-10]. При осуществлении процесса в неполярном бензоле, наряду с образованием кратных и межмолекулярных связей происходит замещение гидроксильных групп на хлор по механизму S_N2 и незначительное отщепление нитратных групп.

Хлорпроизводные полимеры содержат до 7 % хлора в своем составе и могут выступать в качестве промежуточных соединений для синтеза разнообразных производных НЦ.

Библиографический список

1. Романова С.М. Химическая модификация азотнокислых эфиров целлюлозы несимметричным диметилгидразином / С.М. Романова, С.В. Фридланд

// Вестник Башкирского университета. – 2011. – Т. 16. – № 4. – С. 1187-1190.

2. Романова С.М. Модифицирование азотнокислых эфиров целлюлозы несимметричным диметилгидразином и его гидразидами / С.М. Романова, А.М. Мадякина, Л.А. Фатыхова, С.В. Фридланд // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2012. – Т. 55. – № 3. – С. 68-73.

3. Романова С.М. Реакции взаимодействия нитрата целлюлозы со спиртами / С.М. Романова, А.М. Мухетдинова, Л.А. Фатыхова, С.В. Фридланд // Вестник КТУ. – 2011. – № 12. – С. 44-50.

4. Коршак В.В. Синтез полимеров методами модификации / В.В. Коршак // Успехи химии, 1980. – Вып.12. – С. 2286-2313.

5. Фридланд С.В. Структура и реакционная способность пятихлористого фосфора / С.В. Фридланд, Б.Д. Чернокальский // Успехи химии. – 1978. – Вып. 8. – Т. 47. – С. 1397-1413.

6. Smith M.B., March J. March's Advanced Organic Chemistry. - 6th ed. - Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 2007. – P. 576-577.

7. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 592 с.

8. Робертс Д. Ядерный магнитный резонанс. Применение в органической химии / Д. Робертс. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961.– 138 с.

9. Лопатенок А.А. Синтезы дезоксицеллюлоз, ангидроцеллюлоз и целлюлозенов и изучение их свойств: автореф. ... дис. канд. хим. наук / А.А. Лопатенок. – Ленинград, 1954. – 18 с.

10. Смирнова Г.Н. Синтез производных целлюлозы, содержащих 2,3-ангидроциклы / Г.Н. Смирнова, А.И. Поляков, З.А. Роговин // Высокомолекулярные соединения. – 1965. – Вып. 7. - № 6. – С. 972-977.

УДК 661.728.86

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ АЗОТНОКИСЛЫМИ ЭФИРАМИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПРОИЗВОДНЫМ ИМИДАЗОЛА

Сабирова Д.И., Мадякина А.М.

Научный руководитель: канд. хим. наук, доцент Романова С.М.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, e-mail: dinka-sab@mail.ru*

Изучена реакция нитратов целлюлозы с 4,5-дихлор-2-метилимидазолом. В результате экспериментов были получены высокомолекулярные соединения, обладающие новыми свойствами. На основании физико-химических методов анализа установлены химический состав и строение продуктов реакций, предложены наиболее вероятные пути протекания

процесса.

Ключевые слова: нитрат целлюлозы, 4,5-дихлор-2-метилимидазол, химическая модификация, нуклеофильное замещение, утилизация порохов.

В настоящее время способы утилизации просроченных порохов сводятся к двум основным вариантам: сжиганию или подрыву на специальных полигонах, либо переработке в промышленные взрывчатые вещества (ВВ). Основным недостатком термических методов утилизации является загрязнение атмосферы продуктами горения и взрыва, содержащими окислы азота, окись углерода, сажу. Первый вариант усугубляется также полным отсутствием какого-либо полезного эффекта. Переработка же в промышленные ВВ не может охватить весь объем отслуживших свой срок зарядов и, в лучшем случае, позволяет рационально использовать до 20 % всей массы подлежащих обновлению или уничтожению объектов.

В связи с этим в последние годы большое внимание уделяется исследованиям возможности утилизации нитратцеллюлозных порохов путем химической модификации с целью получения продуктов народно-хозяйственного назначения [1-3]. Целью работы является изучение взаимодействия нитратов целлюлозы (НЦ) с 4,5-дихлор-2-метилимидазолом и исследование синтезированных полимеров физико-химическими методами анализа.

Для прогнозирования направлений реакции между НЦ и имидазолом были проведены квантово-химические расчеты зарядов на атомах гетероциклов в программе Gaussian 09 методом Хартри-Фока Р RHF в базисе 6-31G(d) с учетом влияния молекул растворителя N,N-диметилформамида (ДМФА). На рисунке 1 представлена оптимизированная геометрия молекулы 4,5-дихлор-2-метилимидазола. Наибольший отрицательный заряд в молекуле имидазола сосредоточен на атоме N в положении 1, что указывает на то, что донором электронов в данном соединении является атом азота, и именно он будет участвовать в нуклеофильной атаке.

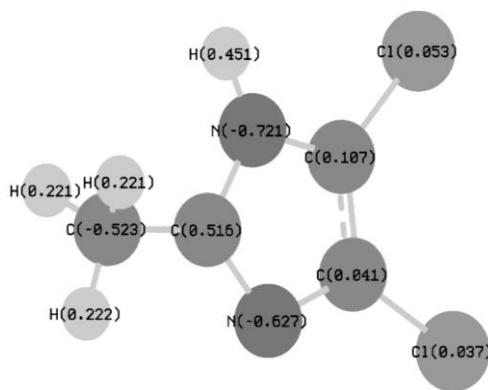


Рисунок 1 – Оптимизированная геометрия и распределение зарядов на атомах молекулы 4,5-дихлор-2-метилимидазола

В качестве исходного полимера, подлежащего химической модификации, использовали азотнокислый эфир целлюлозы с эмпирической формулой элементарного звена $C_6H_7O_2(OH)_{0,46}(ONO_2)_{2,54}$ с содержанием азота 12,87 %. Химическое взаимодействие НЦ с 4,5-дихлор-2-метилимидазолом проводилось в гомогенной среде ДМФА, выбор которого обусловлен тем, что он является апротонным полярным растворителем, в среде которого реакции нуклеофильного замещения, согласно литературным данным происходят на несколько порядков быстрее, чем в протонном растворителе.

Соединения, полученные осаждением реакционной массы в воду и дальнейшим промыванием осадка, представляют собой твердые вещества в виде мелкодисперсного порошка светло-коричневого цвета, обладающие хорошей растворимостью в апротонных полярных растворителях (ДМФА, диметилсульфоксиде, ацетоне и др.). Из фильтрата, оставшегося после отделения осадка от растворителей, были выделены водорастворимые продукты реакции темно-коричневого цвета.

На основании данных элементного анализа были рассчитаны рациональные формулы элементарных звеньев модификатов. С целью идентификации структуры полученных соединений были сняты ИК-спектры, ЯМР 1H - и ЯМР ^{13}C -спектры образцов.

На ИК-спектрах продуктов имеются полосы деформационных (700 см^{-1}) и валентных колебаний $-ONO_2$ -групп ($750, 838, 1286, 1656\text{ см}^{-1}$), ряд полос поглощения глюкопиранозного кольца ($1170\text{--}1000\text{ см}^{-1}$), а также проявляются деформационные колебания $-CH_2-$, связанной с нитратной группой (1424 см^{-1}). О включении в структуру элементарных звеньев НЦ фрагмента $-C_4H_3N_2Cl_2$ свидетельствует наличие полос поглощения при $614, 656\text{ см}^{-1}$ (валентные колебания C-Cl), 1215 см^{-1} (валентные колебания C-N-), 1391 см^{-1} (метильная группировка при кольце гетероцикла) и 1543 см^{-1} (колебания двойных связей C=N в кольце имидазола). На раскрытие глюкопиранозного кольца с образованием карбонильной функции указывает пик при 1742 см^{-1} .

Результаты ЯМР 1H -спектроскопии также подтверждают введение в структуру нитратцеллюлозной цепи фрагментов имидазола. На ЯМР 1H -спектре образца $[C_6H_7O_2(OH)_{1,57}(ONO_2)_{0,35}(C_4H_3N_2Cl_2)_{1,11}]_n$, помимо сигналов, соответствующих протонам исходного азотнокислого эфира целлюлозы (м.д.): $5,85$ (3H), $5,05\text{--}5,12$ ($^{2,4}H$), $4,61$ (6H), $4,15$ ($^{1,5}H$), присутствуют сигналы $1,16$, отнесенные к метильной группировке, $5,64$ – к водороду N-C-H и группа сигналов $7,95\text{--}8,02$ – к протонам гетероатомного кольца имидазола.

На спектре ЯМР ^{13}C имеются сигналы, соответствующие углеродам нитратцеллюлозной матрицы (м.д.): $71,40$ (C_6), $76,97$ (C_5), $78,66$ (C_4), $80,29$ (C_3), $83,30$, (C_2), $98,15\text{--}99,61$ (C_1). Химические сдвиги, отнесенные к углеродам имидазолильного функционала (м.д.): $145,125$ (C_2'), $147,756$ ($C_4'-Cl$), $134,580$ ($C_5'-Cl$), а также пик $59,781$ м.д., характеризующий углерод

глюкопиранозного кольца, связанного с азотом гетероцикла, подтверждают введение в структуру полимера имидазольных колец. Сигнал 13,622 м.д. соответствует метильной группировке 4,5-дихлор-2-метилимидазола.

Выход нерастворимых в воде продуктов реакции с увеличением продолжительности процесса снижается. Данную зависимость можно объяснить термической деструкцией полимерных цепей, происходящей в большей степени в результате разрыва β -гликозидных связей. Деструкция может протекать как по концам цепей с образованием мономеров, так и по всей длине исходного полимера с разрывом по внутренним связям, вследствие чего образуются макромолекулы меньшего размера, растворенные в фильтрате, образовавшемся после отделения осадка.

Значения характеристической вязкости ацетоновых растворов продуктов меньше по сравнению с вязкостью исходного нитрата целлюлозы в 2–3 раза, что указывает на уменьшение размеров макромолекул полученных соединений, вызванное разрывом β -гликозидных связей. Причем чем выше температура и время экспозиции, тем ниже $[\eta]$ полученных продуктов.

Для выявления неоднородности полимера по размерам цепей и, следовательно, по молекулярной массе макромолекул методом гель-проникающей хроматографии были определены молекулярно-массовые характеристики синтезированных соединений. Уменьшение значений среднечисленной и средневесовой молекулярных масс относительно исходного НЦ свидетельствует о протекании интенсивной деструкции полимерных цепей. Снижение значения коэффициента полидисперсности продуктов по сравнению с исходным НЦ свидетельствует о повышении молекулярной однородности полученных соединений, происходящем на фоне протекания деструкционных процессов.

На основании элементного анализа, данных ИК-, ЯМР ^1H - и ^{13}C -спектроскопии, гель-проникающей хроматографии и квантово-химических расчетов была предложена схема взаимодействия НЦ с 4,5-дихлор-2-метилимидазолом (рисунок 2).

Таким образом, согласно представленной схеме взаимодействие азотнокислого эфира целлюлозы с 4,5-дихлор-2-метилимидазолом в среде апротонного полярного растворителя при нагревании до 80 °С представляет собой сложный химический процесс, состоящий из нескольких реакций, протекающих одновременно.

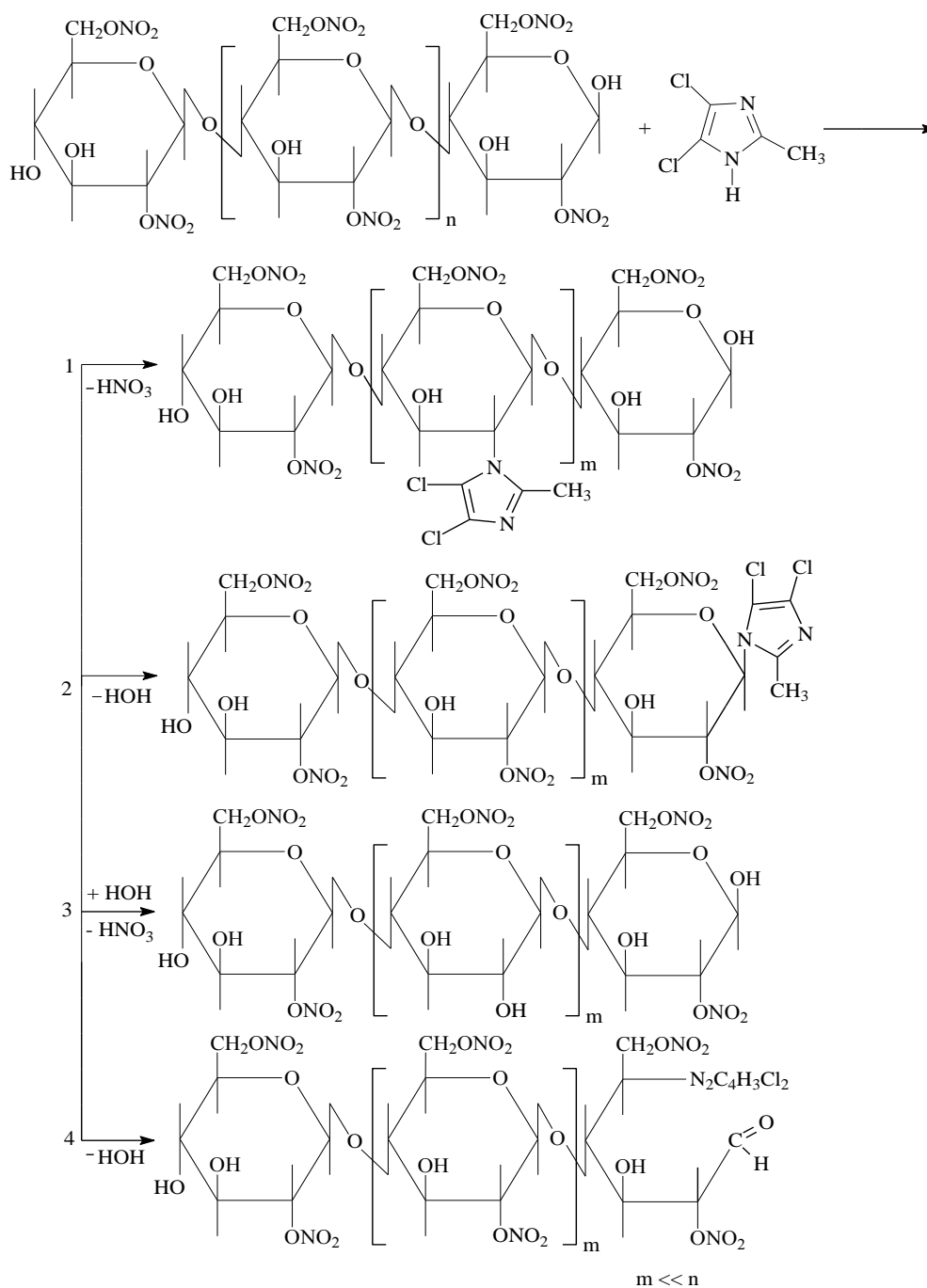


Рисунок 2 – Обобщенная схема химического взаимодействия между НЦ и 4,5-дихлор-2-метилимидазолом в среде ДМФА: 1 – нуклеофильное замещение функциональных групп на фрагменты имидазола; 2 – разрыв β -гликозидной связи с присоединением по концу полимерной цепи гетероциклического кольца; 3 – гидролиз нитратных групп; 4 – раскрытие цикла глюкопиранозы с присоединением по освободившимся связям колец имидазола и образованием карбонильной группы

Библиографический список

1. Романова С.М. Реакции нитратов целлюлозы с гетероциклическими соединениями / С.М. Романова, Д.И. Павлова, А.М. Мадякина, М.В. Хузеев

// Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. – 2015. – Т. 8. - № 3. – С. 336-345.

2. Пат 2555903 РФ. Смешанные азотнокислые эфиры целлюлозы, содержащие сульфаниламидные группы, в качестве компонента состава лакокрасочных покрытий и способ их получения / Трескова В.И., Романова С.М. RU №2555903 от 10.06.2015 г.

3. Сарыбаева Р.И. Химия азотнокислых эфиров целлюлозы / Р.И. Сарыбаева, Л.С. Щелохова. – Фрунзе: Илим, 1985. – 164 с.

УДК 159.947.5

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКОНОМИКЕ

Телугунов Д.К.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вахнина О.В.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: dteluginov@gmail.com*

Математика является одним из столпов нашего общества. Область применения этой науки не имеет границ. Огромное количество других наук используют математические методы и поэтому без математики они существовать не могут. К числу таких наук относится и экономика.

Ключевые слова: экономико-математические методы, финансовая математика, экономико-математическая модель.

Язык математики позволяет экономистам формулировать содержательные и проверяемые гипотезы о многих сложных явлениях, описание которых без привлечения математического аппарата представляется затруднительным. Методы математического моделирования активно применяются в исследовании экономических процессов с XIX века. Одним из первых математических инструментов экономисты начали применять дифференциальное исчисление при изучении процедуры максимизации полезности домохозяйств. Развитие методов оптимизации продолжилось в начале XX века. Позже, во время Второй мировой войны, роль математики в экономике стала ещё больше. В настоящий период экономисты стали все чаще использовать математические методы исследования, что является своего рода катализатором повышения действенности экономического анализа [1-4]. Смысл их использования заключается в наиболее оптимальном, подходящем для данной ситуации решении в условиях ограниченности ресурсов. Модель – образ некоторой системы, аналог определенной части природной или социальной реальности, замена оригинала в познании и практике. Существует 4 вида экономико-математических моделей, которые используют при анализе отдельных факторов: 1. Мультипликативные модели – они определяются как про-

изведение отдельных факторов. 2. Кратные модели – есть деление от двух факторов. 3. Аддитивные модели – сумма всех факторов. 4. Смешанные модели - сочетание различных комбинаций предыдущих моделей. Для чего же подойдут данные модели? Мультипликативную модель, например, можно использовать для построения двухфакторной модели объема валовой продукции, а аддитивную – для вычисления объема производства товаров во взаимосвязи с объемом выпуска отдельных, конкретных изделий. Таким образом, для вычисления различных экономических показателей можно использовать как одну, так и сразу несколько экономико-математических моделей. Главное правильно выбрать ту или те, которые подходят именно для этого показателя, иначе результат исчисления будет неточным или вовсе неправильным. После выбора подходящей модели, нужно определиться со способом её решения. К основным способам решения относятся: 1. Способ цепных подстановок; 2. Балансовый способ; 3. Индексный метод; 4. Корреляционно-регрессионный анализ и др. Помимо выбора вида модели и способа её решения, также нужно учитывать все требования, которые к ним предъявляются. Требования, предъявляемые к моделям: 1. Простота модели, т.е. она должна быть понятна и доступна всем, кто будет принимать участие в ее создании и реализации. 2. Адекватность модели – означает, что модель достаточно точна и устойчива и с её помощью можно достичь поставленной цели моделирования. 3. Интегрированность модели – согласованность модели с той средой, к которой она применяется.

Схема построения экономико-математической модели может быть представлена в следующем виде: 1) формулировка предмета и цели исследования; 2) выделение существенных (доминирующих) элементов исследуемой экономической системы, определяющих ее функционирование. Оценка качественных характеристик (значений этих элементов); 3) определение и описание взаимосвязей между элементами моделей на качественном уровне; 4) формализация выделенных элементов и их взаимосвязей в виде математических выражений и графиков (построение математической модели); 5) проведение расчетов по математической модели и имеющимся статистическим данным; 6) анализ полученных результатов и совершенствованием математической модели; 7) использование полученных выводов для предсказания исследуемой экономической системы.

Этапы 1-3 показывают целенаправленность исследований. Этапы 4-5 определяют системность исследований. Этапы 6-7 придают модели обоснованность и определяют ее реальную ценность. Модель может описывать либо внутреннюю структуру исследуемого объекта либо его поведение. Однако никакая модель не является стопроцентным отражением действительности. При построении модели выделяются и учитываются только основные, доминирующие факторы функционирования рассматриваемого экономического объекта. При этом остаются без внимания другие факторы, которые при своей индивидуальной незначимости в совокупности могут определять

значительные отклонения в прогнозируемых параметрах исследуемого объекта. С другой стороны, избегать построения модели, учитывающей большинство реальных факторов и взаимосвязей, так как в этом случае выкладки и расчеты становятся очень громоздкими и затруднительными.

Таким образом, при построении любой экономико-математической модели необходимо решать две противоположные задачи: модель должна быть как можно простой; с другой стороны, модель должна достаточно качественно отражать реальность и соответствовать целям исследования. То есть необходимо, чтобы все факторы, явно не учтенные в модели, оказывали на моделируемый объект относительно малое результирующее действие в интересующем исследователя аспекте.

Развитие экономико-математических моделей невозможно без тесного взаимодействия экономики и математики. Между ними имеется такая связь, что все возможные математические инструменты помогают экономике решать различные её задачи: во-первых, это, конечно же, предпринимательская деятельность, включающая в себя расчеты по распределению и оптимизации материальных, финансовых, трудовых ресурсов; во-вторых, использование различных информационных технологий и программ, в фундаменте которых заложены математические элементы; в-третьих, математика помогает структурировать и анализировать большие объёмы информации.

Математические методы – важнейший аппарат анализа экономических явлений и процессов; построения различных графиков и моделей, которые позволяют отразить различные экономические связи; отображает динамику экономики и способен спрогнозировать её дальнейшее поведение.

Библиографический список

1. Клочков Ю.В. Математика как основа формирования профессиональной компетентности будущего специалиста / Ю.В. Клочков, О.В. Вахнина // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 237-243.

2. Гришина Л.В. Элементы векторной алгебры в задачах экономического содержания / Л.В. Гришина, О.В. Вахнина // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 547.

3. Кулина В.В. Применение элементов матричной алгебры в решении экономических задач / В.В. Кулина, О.В. Вахнина // Вклад молодых ученых в аграрную науку материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 548-549.

4. Каёхтина А.В. Применение элементов аналитической геометрии при моделировании экономических процессов / А.В. Каёхтина, О.В. Вахнина // Наука и молодёжь: новые идеи и решения, материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. – 2016. – С. 12-14.

АНАЛИЗ НАСЕЛЕНИЯ НАШЕЙ СТРАНЫ, ИМЕЮЩЕГО БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Чайкина А.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук Соболевская Т.А.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: moonway13@rambler.ru*

В статье рассматривается актуальный вопрос применения статистических методов в медицине, вопросы медицинской статистики. Проводится анализ статистических данных, взятых с сайта Росстата, о населении нашей страны, имеющем болезни органов дыхания. Приводятся вывод о значении статистики для медицины.

Ключевые слова: математическая статистика, коэффициент корреляции, статистические данные, медицинская статистика, болезни органов дыхания.

На сегодняшний день многие науки стремятся к формализации, то есть к использованию специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений и оперировать вместо этого некоторым множеством символов (знаков). Этот прием заключается в построении абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности. При формализации рассуждения об объектах переносятся в плоскость оперирования со знаками (формулами). Не составляет исключения и медицина, где давно уже используются разработки математиков, механиков и программистов.

Одним из часто используемых в медицине разделов математики является математическая статистика. Существует даже наука медицинская статистика, которая изучает количественную составляющую массовых явлений и процессов в обществе в неразрывной связи с их качественными характеристиками в определенных условиях места и времени.

Медицинские учреждения постоянно подают различные сведения и первичные статистические данные в комитет по статистике: о диспансеризации, о числе заболевших по группам заболеваемости, о видах оказанных услуг (стационарная помощь, стоматологическая помощь, скорая помощь) и многое другое. Существуют даже такие должности как врач-статистик и медицинский статистик.

Основной научно-практической проблемой медицинской статистики является объективная оценка деятельности системы здравоохранения и общественного здоровья, для чего необходимы соответствующие критерии оценки. Последние необходимы для разработки и эффективной реализации управленческих решений в области охраны здоровья населения.

В 2020 году Всемирная организация здравоохранения объявила пандемию в связи с быстрым и глобальным распространением коронавирусной инфекции COVID-19, поражающей органы дыхания. Поэтому обратим наше внимание к статистическим данным, связанным с заболеваниями органов дыхания. Поскольку Международная экспертиза признала статистические данные Федеральной службы государственной статистики надежными, то в таблице 1 приведены статистические данные Федеральной службы государственной статистики, взяты с официального сайта Росстата <https://www.gks.ru>.

Таблица 1 – Число человек, имеющих болезни органов дыхания, на 1000 человек населения Российской Федерации

Год	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число заболевших на 1000 человек	310,4	293,4	294,4	296,0	300,8	302,8	337,2	324,0	338,8	330,9	338,4	333,4	337,9	351,6	353,5

Как мы видим из таблицы, на сегодняшний день на официальном сайте представлены данные только за период с 2003 по 2018 годы. Также, проанализировав данные по группам заболеваемости, заметим, что по числу больных болезни органов дыхания занимают первое место. К данным болезням относятся: ОРЗ, ринит, фарингит, гайморит, бронхит, бронхиальная астма, пневмония, инфаркт легких, рак легких, туберкулёз и другие заболевания.

Для большей наглядности динамики числа человек, имеющих болезни органов дыхания, построим график.

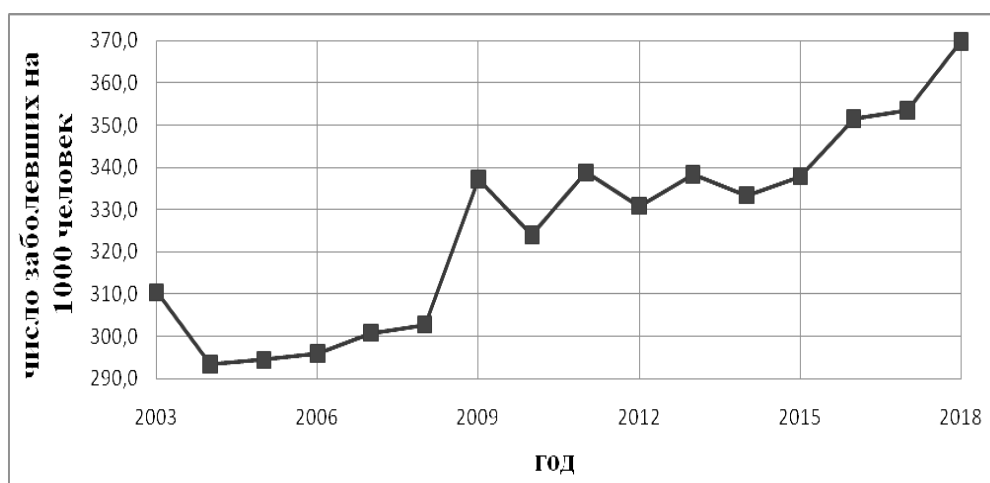


Рисунок 1 – Число человек, имеющих болезни органов дыхания, на 1000 человек населения нашей страны по годам

Таблица 2 – Расчет в программе Excel средних значений \bar{x} , \bar{y} , \overline{xy} , $\overline{x^2}$, $\overline{y^2}$

	x	y	xy	x^2	y^2
	2003	310,4	621731,2	4012009	96348,16
	2004	293,4	587973,6	4016016	86083,56
	2005	294,4	590272	4020025	86671,36
	2006	296	593776	4024036	87616
	2007	300,8	603705,6	4028049	90480,64
	2008	302,8	608022,4	4032064	91687,84
	2009	337,2	677434,8	4036081	113703,84
	2010	324	651240	4040100	104976
	2011	338,8	681326,8	4044121	114785,44
	2012	330,9	665770,8	4048144	109494,81
	2013	338,4	681199,2	4052169	114514,56
	2014	333,4	671467,6	4056196	111155,56
	2015	337,9	680868,5	4060225	114176,41
	2016	351,6	708825,6	4064256	123622,56
	2017	353,5	713009,5	4068289	124962,25
	2018	369,8	746256,4	4072324	136752,04
Сумма	32168	5213,3	10482880,00	64674104,00	1707031,03
Среднее	2010,5	325,8313	655180	4042131,50	106689,44

Используя данные таблицы 2, найдем коэффициент парной корреляции по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}} \approx 0,913.$$

Делаем вывод, что линейная связь между переменными прямая, очень тесная. Коэффициент детерминации: $R^2 = r_{xy}^2 \approx 0,83$. Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения линейной регрессионной модели и ее использования для прогнозирования числа заболеваемости органов дыхания.

На основы всего вышесказанного, еще раз отметим, что математическая статистика [1] и математика в целом должны играть существенную роль в различных областях жизнедеятельности человека [2-5]. Изучать математику и информатику в ВУЗах и колледжах должны не только студенты технических и экономических специальностей, но обязательно и все остальные [6, 7].

Целью деятельности медицинских организаций является сохранение здоровья людей, снижение смертности, заболеваемости и инвалидизации населения при оптимальном использовании финансовых, материальных и кадровых ресурсов. Проблема состоит в том, что здравоохранение является крайне сложной динамичной системой с множеством взаимосвязанных разнородных показателей и критериев оценки, причем иногда разнонаправлен-

ного действия. Поэтому необходимо стремиться к еще большему взаимодействию ученых из разных научных областей.

Библиографический список

1. Корбакова, Т.С. Статистический анализ динамики продолжительности жизни населения Российской Федерации [Текст] / Т.С. Корбакова, Т.А. Соболевская // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2019. С. 299-301.

2. Бунина, И.А. Минимизация отходов математическими методами при раскрое древесины в деревообрабатывающей промышленности [Текст] / И.А. Бунина, Ю.А. Садчикова, Т.А. Киселева // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Кинель, 2016. С. 80-81.

3. Немашкалова, М.С. Решение проблемы увеличения освещенности помещения методами математического анализа [Текст] / М.С. Немашкалова, Д.А. Шаховая, Т.А. Киселева // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2016. С. 19-20.

4. Антонян, А.В. Применение математических методов для оптимизации расходов сырья при производстве жестяной тары для консервной промышленности [Текст] / А.В. Антонян, М.Ю. Макарова, Т.А. Киселева // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2016. - С. 3-5.

5. Дмитриенко, Н.В. Математические методы при расчете длины стрелы автомобильного крана [Текст] / Н.В. Дмитриенко, А.А. Шаповалова Т.А. Киселева // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. Кинель, 2016. С. 317-318.

6. Киселева Т.А. Особенности методики преподавания курса дискретной математики в ВУЗе [Текст] / Т.А. Киселева // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы Международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018.С. 233-237.

7. Киселева Т.А. Использование карт памяти в процессе преподавания дискретной математики в ВУЗе [Текст] / Т.А. Киселева // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы Международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 229-233.

ИНТЕГРАЛЫ В ЭКОНОМИКЕ

Яновская А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вахнина О.В.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: yanovskaya-anastasiya26@mail.ru*

Интегральное исчисление дает богатый математический аппарат для моделирования и исследования процессов, происходящих в экономике. Интегральное исчисление используют для прогнозирования материальных затрат, нахождения потребительского излишка, определения объема выпуска продукции, определения экономической эффективности капитальных вложений.

Ключевые слова: математический анализ, интегральное исчисление.

Современный экономист должен хорошо владеть количественными методами анализа [1]. К такому выводу легко прийти практически с самого начала изучения экономической теории.

Можно привести множество примеров использования методов математического анализа в решении экономических задач [2-4]. Трудно назвать научную область, в которой бы не применялись математические методы изучения реальных объектов и процессов. Одним из важнейших разделов математики, используемых для описания и решения прикладных задач, является интегральное исчисление. Интегральное исчисление – изучение определения, свойств и применения двух взаимосвязанных понятий, таких как определенный и неопределенный интеграл.

При прогнозировании материальных затрат часто возникает необходимость вычисления площадей сложных фигур.

Определенный интеграл - аддитивный монотонный функционал, заданный на множестве пар, первая компонента которых есть интегрируемая функция или функционал, а вторая - область в множестве задания этой функции. Определённый интеграл является универсальным языком всей экономической теории, создает новые возможности для экономических исследований. Определение интегральной суммы позволяет использовать понятие определенного интеграла в социально-экономической сфере. Его применение основано на том, что любой меняющийся социально-экономический процесс может быть интерпретирован как скачкообразный, скачки которого близки к нулю. Интегральное исчисление используют для прогнозирования материальных затрат, нахождения потребительского излишка (разница между той денежной суммой, за которую производитель был бы готов продать 100 единиц товара, и той суммой, которую он реально получает при продаже этого количества товара), определения объема выпуска продукции, опреде-

ления экономической эффективности капитальных вложений (задача дисконтирования). И это далеко не полный список приложений.

Пример 1. Определить объем продукции, произведенной рабочим за третий час рабочего дня, если производительность труда характеризуется функцией $f(t) = 3t + 4$.

Решение: Если непрерывная функция $f(t)$ характеризует производительность труда рабочего в зависимости от времени t , то объем продукции, произведенной рабочим за промежуток времени от t_1 до t_2 будет выражаться формулой:

$$V = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt.$$

В нашем случае $V = \int_2^3 (3t + 4) dt = (\ln(3t+1) + 4t) \Big|_2^3 = \ln 10 + 12 - \ln 7 - 8 = \ln 10/7 + 4 \approx 4,36$ ед.

Пример 2. Под строительство гидроэлектростанции задан непрерывный денежный поток со скоростью $I(t) = -t^2 + 20t + 5$ (млрд руб./год) в течение 20 лет с годовой процентной ставкой $p = 5\%$. Найти дисконтированную стоимость этого потока.

Решение: По формуле $\Pi = \int_0^T I(t)e^{-pt} dt$, имеем

$$\Pi = \int_0^{20} (-t^2 + 20t + 5)e^{-0,05t} dt.$$

Чтобы вычислить этот интеграл, выполним сначала замену переменной: $s = -0,05t$, $t = -20s$, $dt = -20ds$. При этом новые пределы интегрирования получаются подстановкой старых пределов в формулу замены: $s^0 = 0$, $s^1 = -1$. Имеем

$$\Pi = -20 \int_0^{-1} (-400s^2 - 400s + 5)e^s ds = 20 \int_{-1}^0 (-400s^2 - 400s + 5)e^s ds.$$

К последнему интегралу применим формулу интегрирования по частям, полагая $u = -400s^2 - 400s + 5$, $du = (-800s - 400)ds$, $dv = e^s ds$, $v = e^s$.

$$\text{Поэтому } \Pi = 20 \left((-400s^2 - 400s + 5)e^s \Big|_{-1}^0 + \int_{-1}^0 e^s (800s + 400) ds \right).$$

В первом слагаемом подставим пределы интегрирования, а ко второму слагаемому еще раз применим формулу интегрирования по частям, полагая $u = 800s + 400$, $du = 800ds$.

$$\begin{aligned} \text{Имеем } \Pi &= 20 \left(5 - 5e^{-1} + (800s + 400)e^s \Big|_{-1}^0 - \int_{-1}^0 800e^s ds \right) = \\ &= 20(5 - 5e^{-1} + 400 + (800 - 400)e^{-1} - 800 + 800e^{-1}) = 20(1195e^{-1} - 395) \approx 892. \end{aligned}$$

Окончательно получим: $\Pi = 892$ (млрд руб.).

Пример 3: Изменение производительности производства с течением времени от начала внедрения нового технологического процесса задается

функцией: $z = 32 - 2^{-0.5t+5}$, где t – время в месяцах. Найти объем продукции, произведенной: а) за первый месяц, б) за третий месяц, в) за шестой месяц, г) за последний месяц года, считая от начала внедрения рассматриваемого технологического процесса.

Решение:
$$Q(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} (32 - 2^{-0.5t+5}) dt = 32(t_2 - t_1) + \frac{64}{\ln 2} (2^{-0.5t_2} - 2^{-0.5t_1})$$

Тогда
$$Q(0,1) = 32(1 - 0) + \frac{64}{\ln 2} (2^{-0.5 \cdot 1} - 2^{-0.5 \cdot 0}) = 4,95;$$

$$Q(2,3) = 32(3 - 2) + \frac{64}{\ln 2} (2^{-0.5 \cdot 3} - 2^{-0.5 \cdot 2}) = 18,48;$$

$$Q(5,6) = 32(6 - 5) + \frac{64}{\ln 2} (2^{-0.5 \cdot 6} - 2^{-0.5 \cdot 5}) = 27,22;$$

$$Q(11,12) = 32(12 - 11) + \frac{64}{\ln 2} (2^{-0.5 \cdot 12} - 2^{-0.5 \cdot 11}) = 31,4$$

Определённый интеграл является не только мощным средством решения прикладных экономических задач, но и универсальным языком всей экономической теории, создает новые возможности для экономических исследований. Сегодняшняя экономическая наука так сильно математизирована, что иногда возникает обеспокоенность возможностью исчезновения собственно экономического содержания из математических формул и графиков. Однако общепризнанным является факт, что математизация экономических рассуждений была гигантским шагом вперед.

Библиографический список

1. Клочков Ю.В. Математика как основа формирования профессиональной компетентности будущего специалиста / Ю.В. Клочков, О.В. Вахнина // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество. Материалы международной научно-методической конференции. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 237-243.

2. Гришина Л.В. Элементы векторной алгебры в задачах экономического содержания / Л.В. Гришина, О.В. Вахнина // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 547.

3. Кулина В.В. Применение элементов матричной алгебры в решении экономических задач / В.В. Кулина, О.В. Вахнина // Вклад молодых ученых в аграрную науку материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 548-549.

4. Каёхтина А.В. Применение элементов аналитической геометрии при моделировании экономических процессов / А.В. Каёхтина, О.В. Вахнина // Наука и молодёжь: новые идеи и решения, материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. – 2016. – С. 12-14.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ

Спиридонова Е.Б.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Ушакова Г.Г.

*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический
университет им. В.М. Шукшина», Россия,
г. Бийск, e-mail: lena.spiridonova.76@mail.ru*

В данной статье рассмотрены проблемы формирования экспериментальных умений обучающихся на уроках химии посредством проблемного обучения в средней школе.

Ключевые слова: формирование, экспериментальные умения по химии, проблемное обучение, современное образование.

Проблема формирования экспериментальных умений обучающихся по химии обусловлена переходом Российского образования на международные стандарты с целью повышения качества обучения и усиления практической направленности образовательного процесса.

Химия–наука экспериментальная, поэтому обучение этой дисциплине невозможно без использования химического эксперимента.

Проведенный нами анализ сформированности экспериментальных умений обучающихся показал низкий уровень предметных умений по химии. Процесс формирования экспериментальных умений, как правило, носит в основном бессистемный и стихийный характер. Химический эксперимент мало представлен на уроках химии. В основном он имеет иллюстративный, а не проблемный характер, не предполагает частичного поиска и, следовательно, не развивает познавательную активность учащихся.

Натурный эксперимент часто заменяется компьютерной версией, а обучающиеся испытывают большие затруднения в проведении опытов. В результате усвоение этих умений имеет формальный, а не осознанный характер. Большинство учащихся не умеют применять знания и умения для решения учебных проблем [5].

Формирование экспериментальных умений по химии требует совершенствования. Таким образом, необходима разработка методики формирования экспериментальных умений обучающихся на уроках химии посредством проблемного обучения с целью повышения качества обучения. Экспериментальные умения предполагают подготовку к выполнению химического эксперимента (умения организационные), непосредственно реализацию химического опыта (технические умения), наблюдения, описания результатов, их интерпретация, выводы (интеллектуальные умения). В нашем исследовании

довании их формирование мы рассматриваем посредством проблемного обучения в виде экспериментальных задач и вопросов проблемного характера.

Приведем несколько примеров создания проблемной ситуации.

1. Использование противоречия между изучаемыми фактами и имеющимися знаниями, на основе которых учащиеся высказывают неправильные суждения. Например, задается вопрос: - может ли при пропускании углекислого газа через известковую воду получиться прозрачный раствор [1] ? Учащиеся на основании предшествующего опыта отвечают отрицательно, и тогда предлагается им самостоятельно провести опыт взаимодействия гидроксида кальция с углекислым газом, после чего они делают и записывают выводы.

2. Построение гипотезы на основе известной теории, а затем её проверка. Например, задается вопрос, будет ли уксусная кислота, как кислота органическая, проявлять общие свойства кислот? Учащиеся высказывают предположения, ставим эксперимент и даем теоретическое объяснение.

3. Нахождение рационального пути решения, когда заданы условия и конечная цель. Например, решение экспериментальной задачи по определению веществ в трёх пробирках с наименьшим числом проб.

4. Создание ситуации конфликта. Она возникает при наличии противоречий. Причём противоречия могут быть разных типов: между практически достигнутым результатом или известным фактом и недостаточностью знаний для его теоретического обоснования. Между жизненным опытом учащихся, их бытовыми понятиями и представлениями и научными знаниями. Например: опираясь на положение алюминия в электрохимическом ряду напряжений металлов, обучающиеся относят его к активным металлам. Тогда предлагается на практике объяснить широкое применение алюминиевой посуды в быту, в процессе эксперимента школьники выясняют, что алюминий покрыт оксидной плёнкой, поэтому не выполняет условия активного металла [2].

5. Ситуация опровержения. Создаётся, когда предлагается учащимся доказать несостоятельность какого-либо предположения, идеи, вывода на основе всестороннего анализа. Например: рассматривая свойства гидроксидов алюминия и цинка, ученики указывают, что они реагируют с кислотами и разлагаются при нагревании. Так обучающиеся обобщают свойства оснований и подтверждают выводы опытами. Затем они предлагают способ получения нерастворимых гидроксидов алюминия и цинка реакцией обмена между солью и щёлочью. При этом проводят реакцию взаимодействия соли цинка и щёлочи, школьники наблюдают выпадение осадка гидроксида и его последующее растворение в избытке щёлочи. Теперь обучающиеся должны опровергнуть своё утверждение о невозможности реакции между двумя основаниями. В процессе проблемной беседы подвожу их к пониманию того, что в данной реакции гидроксид цинка проявляет кислотные свойства. Делаем вывод: амфотерность – проявление двойственности свойств веществ.

В своей практике часто используем постановку межпредметной проблемы, для решения которой необходимы знания из системы наук. Напри-

мер, при изучении темы «Спирты» очень интересно проходит интегрированный с биологией урок «Спирты, их влияние на здоровье человека». Учащиеся 10 класса проводят эксперимент влияние этилового спирта на яичный белок. В результате реакции денатурации, делают самостоятельный вывод о влиянии спирта на организм человека.

Следовательно, поставить учебную проблему, значит помочь ученикам самим сформулировать: тему урока, вопрос для исследования. Для этого, используется приём «актуальность» и «яркое пятно» (сказки, легенды, фрагменты из художественной литературы, рисунки, случаи из истории науки).

Момент возникновения проблемной ситуации определяется так: у класса должен появиться эмоциональный отклик: удивление, озадаченность (как же так?) или чувство затруднения (как же это объяснить?), в основе которого лежит противоречие между необходимостью выполнить задание и невозможностью это сделать.

Поскольку в любом случае поиск решения, должен завершиться ответом на исходный проблемный вопрос с обучающимися обязательно возвращаемся к началу урока и снимаем проблему-вопрос, применив новое знание.

На этом этапе можно также использовать методы, которые, являются наиболее оптимальными в решении учебной проблемы. Это проблемное изложение, эвристический и исследовательский методы.

Так например: при изучении темы «Гидролиз солей» целесообразно начать урок с решения качественной задачи на распознавание веществ: хлорида алюминия, карбоната натрия и хлорида натрия. Создаем условия для проблемной ситуации: какую окраску имеет лакмус в растворах солей?

Знания учащихся о том, что соль является продуктом нейтрализации кислоты и основания наводит на мысль о том, что индикатор в растворах всех солей будет показывать нейтральную реакцию среды. Однако эксперимент создает противоречие: в каждой пробирке индикатор показывает различную реакцию среды. Учащиеся высказывают свои предположения. Решение проблемной задачи происходит в процессе изучения сущности процесса гидролиза.

При решении экспериментальных задач, отслеживаем и оцениваем сформированность экспериментальных умений по следующим критериям:

- 1) правильно определил цель опыта;
- 2) выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;
- 3) самостоятельно и рационально выбрал и подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;
- 4) научно грамотно, логично описал наблюдения и сформулировал выводы из опыта. В представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;
- 5) правильно выполнил анализ погрешностей (9-11 классы);
- 6) проявляет организационно-трудовые умения (поддерживает чистоту

рабочего места и порядок на столе, экономно использует расходные материалы);

7) эксперимент осуществляет по плану с учетом техники безопасности и правил работы с материалами и оборудованием.

Технология экспериментальных умений на основе проблемного обучения, конечно, не является универсальным средством решения всех педагогических проблем и затруднений. Она имеет свои достоинства и недостатки.

Современные исследования показывают, что в классе, где проводятся проблемные уроки, качество знаний на 15-18 % выше, чем в традиционном обучении.

Таким образом формирование экспериментальных умений обучающихся на уроках химии посредством проблемного обучения дает новое качество образования:

-практико-ориентированные навыки, самостоятельность, информированность;

-компетентность – умение выбрать нужное;

-коммуникативность – умение общаться, конкурентоспособность.

Библиографический список

1. Габриелян О.С. Компетентностный подход в обучении химии/О.С. Габриелян, В.Г. Краснова // Химия в школе. – № 2. – с. 16.

2. Лернер И.Я. Проблемное обучение / И.Я. Лернер. – М.: «Знание», 1974. – 64 с.

3. Махмутов М.И. Организация проблемного обучения в школе. Книга для учителей / М.И. Махмутов. – М.: «Просвещение», 1977. – 240 с.

4. Оконь В. Основы проблемного обучения / Пер. с польск. - М.: «Просвещение», 1968. - С. 186-203

5. Пустовит С.О. Методика формирования экспериментальных умений учащихся по химии на основе проблемного обучения. Ин-т содержания и методов обучения Рос. акад. образования. - Москва, 2011. - 22с.

УДК 54.03 : 544.421

РАСЧЁТ НАПРЯЖЕНИЯ ПРОБОЯ В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ С КОНДЕНСАТОРОМ ПОДВЕДЁННОЙ ИЗВНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Зайцев Н.С., Бендре Ю.В., Лежава С.А.

Научный руководитель: д-р хим. наук, профессор Горюшкин В.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк, e-mail: koax@sibsiu.ru*

Оценили величину напряжения пробоя через кварц и тетрахлорид углерода в реакторе с электрической ёмкостью – конденсатором, в котором

испытываемые металлические образцы являются частью внутренней обкладки в условиях подключения металла к источнику внешнего постоянного электрического напряжения.

Ключевые слова: химический реактор с сосредоточенной электрической ёмкостью – конденсатором; технически чистый титан ВТ1-0 и титановый сплав ВТ6; тетрахлорид углерода; физическое воздействие на реагенты извне; электрические ёмкостные характеристики реактора; электрическая энергия, накопленная металлом; молярный показатель газовой коррозии металла; пробивное напряжение.

Ранее [1,2] нами гравиметрическим методом изучена скорость коррозии технически чистого титана ВТ1-0 и титанового сплава ВТ6 в потоке пара тетрахлорида углерода при температуре 673 К в реакторе с электрической ёмкостью – конденсатором, в котором испытываемые металлические образцы являются составной частью внутренней обкладки. В условиях подключения металла к источнику постоянного электрического тока с напряжением от 400 до 7680 В, при различной полярности потенциала внутренней обкладки обнаружен независимый от полярности эффект ускорения гетерогенной реакции



В [3] для созданной в химическом реакторе сосредоточенной электрической ёмкости (конденсатора) определены количественные параметры: электрическая ёмкость при комнатной температуре и при температуре 673К; парциальная электрическая ёмкость титановых образцов (проводник), участвующих в реакции с тетрахлоридом углерода (диэлектрик). Электрическая энергия, накапливаемая металлом, может быть рассчитана по формуле для энергии конденсатора с учётом парциальной электрической ёмкости металла C_{Me} :

$$W_{\text{Me}} = \frac{C_{\text{Me}} \cdot U^2}{2}, \text{ Дж} \quad (2)$$

На этапе исследования [3] в оценке скорости коррозии титана перешли от массового показателя коррозии $K_{\text{т}}^-$ (кг/(м²·с)) к молярному $K_{\text{мол}}^-$ (моль/(м³·с)) с учётом молярной массы металла и эффективной глубины проникновения электростатического поля в титан. Известно, что заряд распределяется в поверхностном слое металла (Ti) на ограниченную глубину [4]. По измеренной площади поверхности образцов, определяющей ёмкость C_{Me} можно рассчитать молярную электрическую энергию $W_{\text{Ti(мол)}}$ в объёме поверхностного слоя в зависимости от напряжения на конденсаторе:

$$W_{\text{Ti(мол)}} = \frac{C_{\text{Me}} \cdot M}{2 \cdot s \cdot h \cdot \rho} U^2 \text{ Дж/моль Ti}, \quad (3)$$

а массовый показатель коррозии выразить в потерях количества вещества титана в том же объёме поверхностного слоя:

$$K_{\text{мол}}^- = \frac{K_m^-}{h \cdot M} \text{ моль/м}^3 \cdot \text{с} \quad (4)$$

где M – молярная масса Ti , кг/моль; ρ – плотность Ti , кг/м³; h – глубина проникновения заряда в Ti ($204,90 \cdot 10^{-10}$ м); s – средняя суммарная площадь поверхности 4-х образцов в опыте ($3447,551 \cdot 10^{-6}$ м²).

По полученным экспериментальным данным в [3] построили несколько графиков, с обработкой точек разными линиями тренда. Оказалось, что экспоненциальная зависимость молярного показателя коррозии титана $K_{\text{мол}}^-$ от молярной электрической энергии $W_{Ti(\text{мол})}$:

$$K_{\text{мол}}^- = 1.02 \cdot e^{0,014 \cdot W_{Ti(\text{мол})}} \quad (5)$$

имеет больше коэффициент корреляции R^2 , чем линейная зависимость от U^2 и тем более линейная зависимость от U ($0,51 > 0,46 > 0,41$).

Вместе с тем видно, что для всех трёх линий тренда коэффициенты корреляции являются не очень высокими и для уточнения результатов и увеличения коэффициента корреляции предлагаемых математических моделей влияния электростатической активации на скорость реакции потребуются увеличение напряжения, подводимого к обкладкам конденсатора (> 7680 В).

Для этого необходима оценка пробивного напряжения в созданной химико-физической системе. Пробой – это электрический разряд через диэлектрик, разрушающий изоляцию конденсатора. Пробой связан с одной из основных характеристик диэлектрика – пробивной напряжённостью электрического поля $E_{\text{пр.}}$:

$$E_{\text{пр.}} = \frac{U_{\text{пр.}}}{h} \quad (6)$$

где $U_{\text{пр.}}$ – пробивное напряжение, кВ, h – толщина диэлектрика, мм.

Имеются таблицы [5] с данными по пробивной напряжённости электрического поля в диэлектриках, анализ которых показывает, что для кварцевого стекла можно ожидать минимума в значении $E_{\text{пр.}}$ в 30 кВ/мм, а для паров хлорированных углеводородов – 5 кВ/мм. Учитывая конфигурацию и размеры созданного в реакторе конденсатора [3. (рис.1)] оценили величину напряжения пробоя через кварц в месте непосредственного контакта лодочки со стенкой реактора (лодочка размещается на стенке горизонтального реактора и расстояние между обкладками конденсатора равно сумме толщины стенок реактора -2,0мм и лодочки – 1,5 мм): $U_{\text{пр.}} = E_{\text{пр.}} \cdot h = 30 \cdot (2,0 + 1,5) = 105$ кВ. Таким образом, установка имеет ресурс для дальнейших испытаний по увеличению поверхностной энергии металла за счёт электростатической активации от внешнего источника напряжения.

Выводы. Созданный химический реактор с сосредоточенной электрической ёмкостью (конденсатором) имеет ресурс по увеличению подводимого напряжения постоянного тока > 7680 В вплоть до 105 кВ для уточнения ре-

зультатов и увеличения коэффициента корреляции предлагаемых математических моделей влияния электростатической активации на скорость реакции.

Библиографический список

1. Горюшкин В.Ф., Бендре Ю.В., Зенцова С.В., Зайцев Н.С., Кипервассер М.В. Влияние электрического заряда металла на скорость газовой коррозии титана ВТ1-0 и сплава ВТ6 в тетрахлориде углерода // Физика и химия обработки материалов. 2018. №1. С. 75-82.

2. Зайцев. Н.С., Бендре Ю.В., Зенцова С.В., Горюшкин В.Ф. Активация реакции окисления титана статическим электрическим зарядом, сообщаемым металлу от внешнего источника // Наука и молодёжь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2017. – Вып. 21. – Ч. II. Естественные и технические науки. – С. 6 - 15.

3. Зайцев. Н.С., Бендре Ю.В., Лежава С.А., Горюшкин В.Ф. Потенциохимические реакции с участием металлов. Определения и количественные соотношения // Наука и молодёжь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. – Ч. IV. Естественные и технические науки. – С. 54 - 64. Матвеев

4. Клыпин А.А. Влияние контакта разнородных металлов на ползучесть меди и алюминия / А.А. Клыпин, Ф.Ф. Лучина // Металлы. – 1985. № 2. – С. 138 – 146.

5. [https://yandex.ru/images/search?text=пробивное напряжение δstypе=image δdr=237δsourо](https://yandex.ru/images/search?text=пробивное_напряжение_δstypе=image_δdr=237δsourо). Дата обращения 20.01.20.

УДК 622.232

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК КОМБАЙНАМИ
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Бушуев К.И., Розум И.Г.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк,*

Рассмотрен новый вариант сокращения расходов на проведение подготовительных выработок в условиях высокоинтенсивной разработки угольных пластов.

Ключевые слова: дегазация, подготовительный забой, шахта, сокращение расходов, комбайн, конвейерный штрек, угольные пласты.

В условиях отработки высокогазоносных угольных пластов подземным способом значимой частью является своевременная подготовка выемочных участков без предварительной дегазации и с применением барьерной дегазации. Своевременная подготовка выемочных участков связана с необходимостью проведения выработок в скоростном режиме [1-4]. Для пластов средней мощности темпы подвигания выемочного участка составляют сегодня более 250 м в месяц [5-8]. Для безразрывного воспроизводства фронта очистных работ требуемые темпы подвигания подготовительных забоев должны быть не менее 400 м в месяц. В сложившейся ситуации при падении цен на уголь на международном рынке необходимо сокращать расходную часть баланса угольной части. Авторами статьи предлагается вариант сокращения расходов на проведение подготовительных выработок в условиях высокоинтенсивной разработки угольных пластов мощностью 2,5 – 4,0 м.

Иностраный опыт использования высокопроизводительного самоходного оборудования крепления выработок анкерной крепью затруднен в наших условиях по причине прямого запрета на работу подготовительных забоев с отставанием постоянной крепи более 1,5 шага крепления выработки.

В статье предложен вариант применения технологической схемы (ТС) работы спаренных забоев одним проходческим комбайном.

В настоящее время на шахтах Кузбасса наибольшее распространение получили следующие технологические схемы расстановки оборудования в забое.

1. Каждый из двух спаренных подготовительных забоев оборудуется комбайном непрерывного действия. В конвейерном штреке смонтирован ленточный конвейер, который предполагается к использованию и при работе выемочного участка. Транспортирование горной массы от комбайна до места перегруза осуществляется самоходными вагонами. Бурение шпуров и установка анкерной крепи осуществляется при помощи навесного бурового оборудования, установленного на комбайне. Выработки соединяются сбойками через 200 м.

2. Первый забой (конвейерный штрек) оборудуется комбайном непрерывного действия. По выработке смонтирован ленточный конвейер, который предполагается к использованию и при работе выемочного участка. Транспортирование горной массы от комбайна до места перегруза осуществляется самоходным вагоном. Бурение шпуров и установка анкерной крепи осуществляется при помощи навесного бурового оборудования, установленного на комбайне. Второй забой (вентиляционный штрек) оборудуется комбайном избирательного действия. Транспортирование горной массы от комбайна до места перегруза осуществляется на ленточный конвейер в спаренной выработке через сбойку самоходным вагоном. Бурение шпуров и установка анкерной крепи осуществляется при помощи переносного пневматического бурового оборудования. Выработки соединяются сбойками через 200 м.

3. Каждый из двух спаренных подготовительных забоев оборудуется комбайном избирательного действия. В конвейерном штреке смонтирован ленточный конвейер, который предполагается к использованию и при работе выемочного участка. Транспортирование горной массы от комбайна до места перегруза осуществляется с использованием ленточного перегружателя. В вентиляционном штреке смонтированы скребковые конвейеры, которые через сбойку осуществляют транспортирование горной массы от забоя на ленточный конвейер конвейерного штрека. Бурение шпуров и установка анкерной крепи осуществляется при помощи переносного пневматического бурового оборудования. Выработки соединяются сбойками через 300 м.

Авторами статьи предложен вариант проведения спаренных выработок одним комбайном непрерывного действия. В конвейерном штреке смонтирован ленточный конвейер, который предполагается к использованию и при работе выемочного участка. Транспортирование горной массы от комбайна до места перегруза осуществляется самоходным вагоном. Бурение шпуров и установка анкерной крепи осуществляется при помощи навесного бурового оборудования, установленного на комбайне. Выработки соединяются сбойками через 200 м. Схема работы комбайна в спаренных забоях представлена на рисунках 1- 4. Для сокращения времени проходческого цикла предлагается в забое устанавливать рамно-анкерную комбинированную крепь, что сократит время крепления в два раза и на 30 % время цикла по проведению 1 м выработки.

На рисунках 1 – 4 представлены схемы работы спаренных подготовительных забоев при работе одним комбайном непрерывного действия с навесным буровым оборудованием с применением самоходного анкероустановщика.

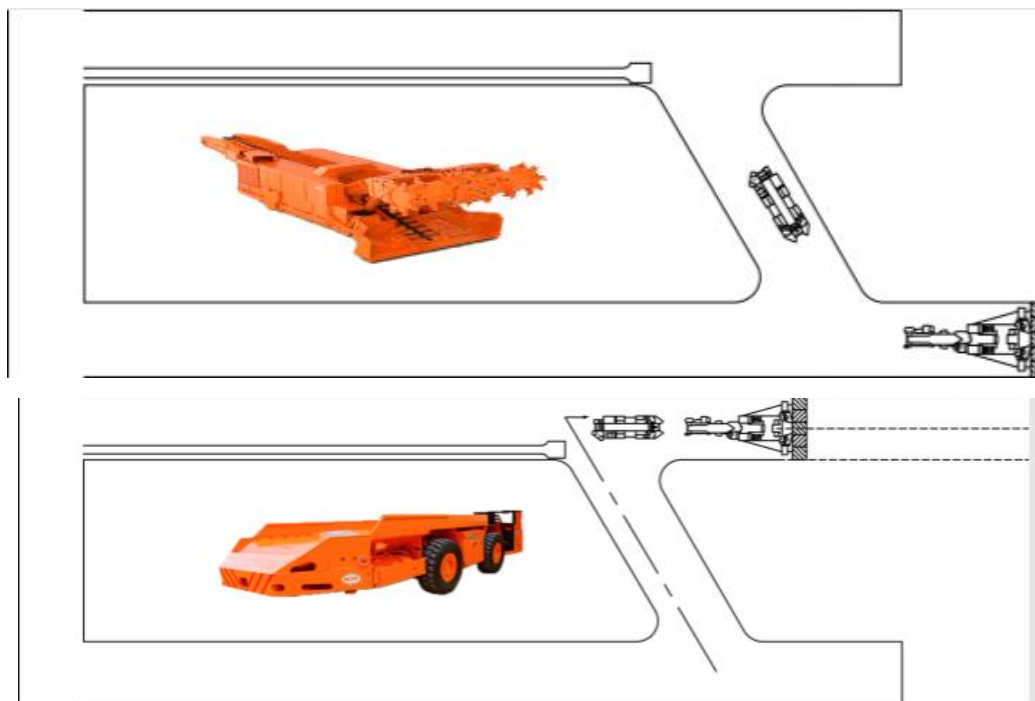


Рисунок 1 - Проведение конвейерного штрека комбайном непрерывного действия после осуществления барьерной дегазации в течение 4-7 суток с отгрузкой горной массы самоходным вагоном

После окончания монтажных работ, забойное оборудование переходит из вентиляционного штрека (нижняя выработка) в конвейерный штрек (верхняя выработка). Осуществляется проведение выработки на длину 200 м с погрузкой горной массы на ленточный конвейер самоходными вагонами.

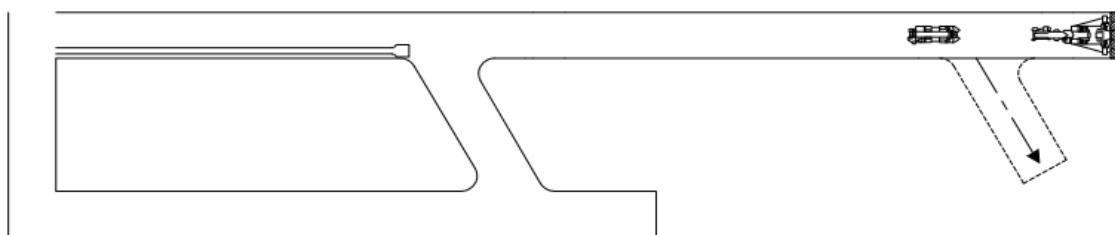


Рисунок 2 - После проведения конвейерного штрека на 200 м проводится сбойка на вентиляционный штрек.

В забое конвейерного штрека оборудуются дегазационные ниши и производится бурение скважин для барьерной дегазации. Комбайн проводит тупиковую выработку (сбойку) до места, предполагаемого сбития с вентиляционным штреком.

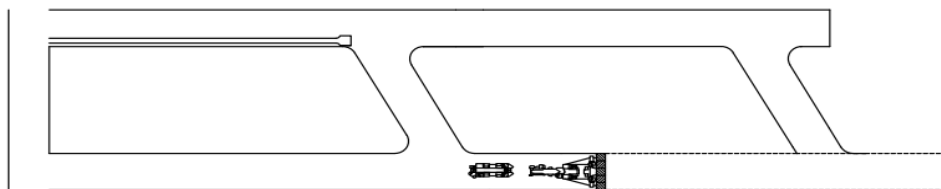


Рисунок 3 - Перемонтаж проходческого комбайна и самоходного вагона из сбойки с конвейерного штрека на вентиляционный штрек и проведение выработки на расстоянии 200 м до сбойки с конвейерным штреком

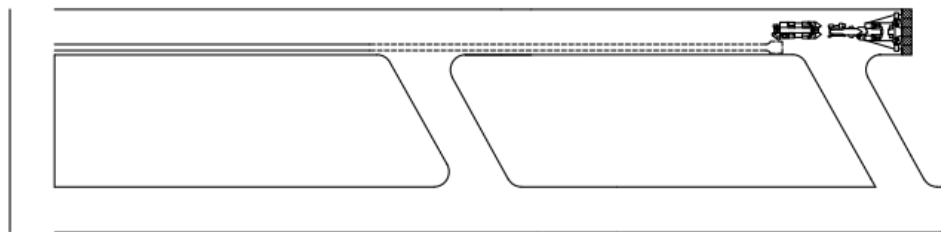


Рисунок 4 - Перемонтаж ленточного конвейера с бункер-перегрузателем по конвейерному штреку (наработка на 200 м)

Переход комбайна и самоходного вагона в конвейерный штрек. В вентиляционном штреке осуществляется взятие дегазационных ниш и бурение скважин.

Из анализа работы подготовительных забоев лучших шахт Кузбасса очевидно, что наибольшие запланированные потери времени составляют при выполнении следующих процессов.

1. Устройство дегазационных ниш (проведение и крепление).
2. Бурение дегазационных скважин и откачка воды из забоя.
3. Зачистка выработки, доставка элементов и монтаж (наработка) ленточного конвейера.
4. Возможность использования самоходного анкероустановщика.
5. Оборудование места перегруза со второго забоя (по сбойке).

В таблице приведены данные потерь времени в спаренных подготовительных забоях при выполнении указанных процессов: «1» - потери времени минимальны, «0,3» - потери времени максимальны.

Таблица - Оценка запланированных потерь времени при работе спаренных забоев

Варианты ТС	Запланированные простои				
	1	2	3	4	5
В 1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,8
В 2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,8
В 3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5
В 4	0,9	1	0,8	0,7	0,8

Таким образом, потери времени на выполнение запланированных простоев в первых трех вариантах ТС значительно выше, чем в предлагаемом авторами.

Очевидно, что предлагаемая схема проведения и крепления спаренных выработок в условиях высоко газоносных угольных пластов одним комбайном непрерывного действия с креплением выработок рамно-анкерной крепью с последующим применением самоходного анкероустановщика с отставанием от забоя на расстоянии до 200 м позволит существенно повысить производительность труда проходчика и обеспечит требуемые темпы подвигания забоев для своевременного безразрывного воспроизводства фронта очистных работ в условиях отработки выемочных участков с производительностью 1000 тыс. тонн в месяц. Сокращение расходов на проведение подготовительных выработок в условиях высокоинтенсивной разработки угольных пластов мощностью 2,5 – 4,0 м повысит рентабельность угольных шахт и обеспечит достойное представление на отечественном и зарубежном рынке угля.

Библиографический список

1. Исследование устойчивости подготовительных горных выработок / В.А. Волошин, С.В. Риб, М.А. Денисов, Е.В. Черешнева, В.С. Риб // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 4 (18). – С. 27-31.

2. Применение инновационных технических средств для корректировки существующей методики выбора параметров анкерной крепи горных выработок / С.В. Риб, В.Н. Фрянов, А.Г. Зиганшин, А.С. Петров, Д.М. Борзых, А.М. Никитина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №3. – С. 354-360.

3. Разработка технико-технологических решений по повышению темпов проведения подготовительных выработок в условиях «Шахты «Алардинская» / С. А. Савченко, В. А. Воронков, А. М. Никитина, С. В. Риб, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 : Естественные и технические науки. – С. 56-60.

4. Повышение производительности труда подготовительных бригад для своевременной подготовки фронта очистных работ на шахте "Алардинская" / С.В. Риб, В.В. Микунов, В.А. Волошин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения, СибГИУ, 2015 . – Вып. 19. – Ч. 2 : Технические науки. – С. 31-34.

5. Сравнительный анализ технологий подготовки выемочного столба при отработке мощного угольного пласта / С.В. Риб, В.В. Микунов, В.А. Волошин // Вестник СибГИУ: сб. науч. ст. – Новокузнецк, 2015. – №1(11). - С. 27–32.

6. Перспективы развития и внедрения технологических схем поэтапного анкерного крепления горных выработок на шахтах Кузбасса / Д.В. Яковлев, В.И. Магдыч, А.П. Егоров, Д.В. Осминин, А.С. Марков // Уголь. - 2014.

- № 10. - С. 40-44.

7. Стариков А.П. Передовой производственный опыт скоростного проведения горных выработок на шахте «Заречная» в Кузбассе // А.П. Стариков, В.Д. Снижко / Уголь. - 2008. - № 11. - С. 3-6.

8. Технологические схемы проведения подготовительных выработок проходческими комбайнами на угольных шахтах Кузбасса. Прокопьевск, 1990. - 125 с.

УДК 622.817

ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЮЖНОГО КУЗБАССА, СКЛОННЫХ К ВНЕЗАПНЫМ ВЫБРОСАМ УГЛЯ, ПОРОДЫ И ГАЗА

Крестьянинов А.В., Никитина А.М., Риб С.В., Борzych Д.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: krestyaninov261096@gmail.com*

В данной статье проведен анализ технологии отработки угольных пластов Южного Кузбасса, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа и выявлены проблемы. Предложено повышение эффективности и безопасности отработки угольных пластов склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа методом внедрения инновационных технологий.

Ключевые слова: внезапные выбросы, дегазация, бурение скважин, безопасность, инновационные технологии, опасная зона.

Анализ развития параметров системы разработки длинными столбами по простиранию, технологии добычи, силовых и геометрических характеристик оборудования в странах с нарастающим уровнем угледобычи, показал, что происходит увеличение длины выемочного столба и очистного забоя, совершенствование технологии происходит за счет нарастания ширины захвата комбайна, оборудование увеличивает свои объемы, тем самым его энергоемкость возрастает. Но бывает, что процессы, происходящие в горно-технических и горногеологических условиях, не соответствуют требованиям технологии, вследствие чего возникают проблемы, такие как внезапные выбросы угля, породы и газа.

При разработке угольных пластов, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа, проведение подготовительных выработок сопряжено с применением специальных мероприятий: гидроразрыв, дегазация и др. [1-3, 7] Вместе с тем анализ технологии отработки угольных пластов Южного Кузбасса, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа показал, что применение таких мероприятий не обеспечивает безопасность ведения горных работ, а внезапные выбросы угля, породы и газа могут произойти в момент их

выполнения. С одной стороны, дегазация пласта скважинами снижает давление газа, разгружает от напряженного состояния массив – создается безопасная зона, разгруженная от напряжений и давления газом, с другой стороны – приближает к опасной зоне, т.е. уменьшает величину безопасного целика за счет ослабления массива из-за большого количества пробуренных скважин.

Также, необходимо знать, что при извлечении метана из разрабатываемого пласта до 65-75% метана находится в пласте в связанном состоянии и его перевод в свободную фазу и перенос по низкопроницаемому (сотые и тысячные доли миллиарды) коллектору – процессы весьма энергоемкие и длительные [4].

Установлено, что заблаговременная дегазационная подготовка угольных пластов скважинами, пробуренными с поверхности, может обеспечивать эффективность на уровне 50-60% по снижению газообильности горных выработок при применении данной технологии за 3-5 и более лет до начала ведения горных работ в зонах дегазации. Однако не во всех горно-геологических и горнотехнических условиях возможно применение технологий заблаговременной дегазационной подготовки. Ограничениями могут являться экономический, временной, ландшафтный и другие факторы.

Существенно шире область применения подземной пластовой дегазации, осуществляемой из горных выработок. Реально достижимая эффективность типовых способов подземной пластовой дегазации не превышает 15-20%. Связано это в первую и основную очередь с низкой природной проницаемостью угольных пластов на глубинах более 400-500 м [6].

Главная идея предлагаемого решения в данной статье, это повышение эффективности и безопасности отработки угольных пластов склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа методом внедрения инновационных технологий и вывода людей из подготовительного забоя [5].

Бурение скважин осуществляется в забой буровой установкой на гусеничном ходу с системой направленного бурения. Основные компоненты системы направленного бурения представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Компоненты системы направленного бурения [2]

Скважины бурятся в забой вентиляционного штрека по диагонали до конвейерного штрека, большого диаметра до 800 мм, на расстоянии 150-300 метров от каждой скважины. Концептуальная схема проветривания выемочного участка с бурением скважин большого диаметра представлена на рисунке 2.

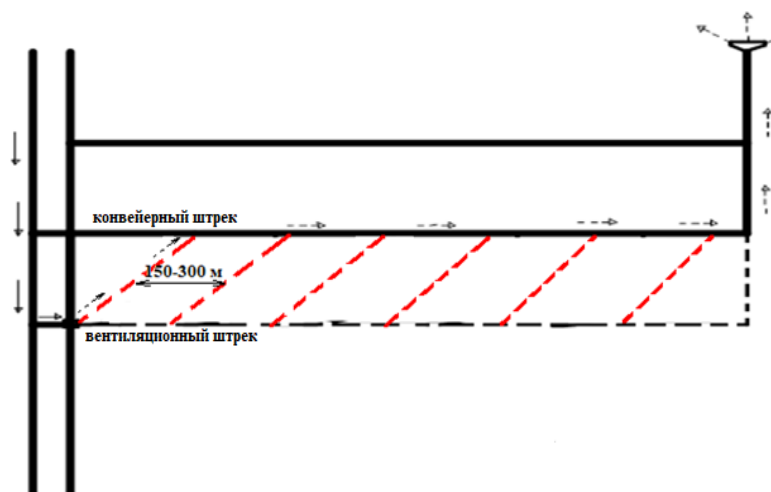


Рисунок 2 - Схема проветривания выемочного участка с бурением скважин большого диаметра

Дегазация газовой смеси из отработанного пространства происходит по средствам общешахтной депрессии. Схема проведения дегазационных скважин в забой подготовительной выработки представлена на рисунке 3.

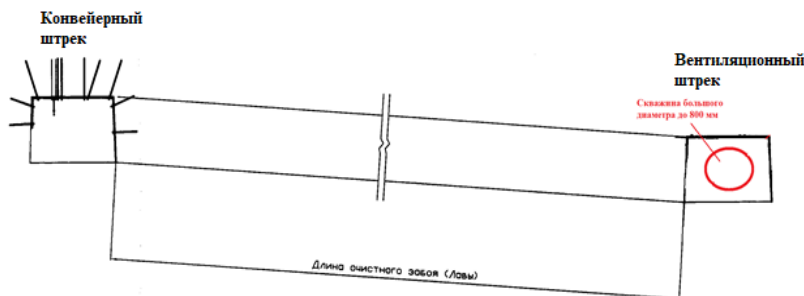


Рисунок 3 – Схема проведения дегазационных скважин в забой подготовительной выработки

Транспортировка угля осуществляется в виде пульпы до пульпоприемника, где происходит отделение полезного ископаемого от воды, что в свою очередь, позволит повторно использовать воду.

Применение данной технологии позволит:

- повысить эффективность дегазации;
- уменьшить выделение метана в атмосферу горных выработок;
- повысить безопасность ведения горных работ;
- увеличить скорость подвигания подготовительного забоя;
- повысить объемы добычи полезного ископаемого и рентабельность шахт Южного Кузбасса.

Таким образом, рекомендуемая усовершенствованная технология отработки угольных пластов Южного Кузбасса, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа способствует повышению безопасности ведения горных работ и увеличению объема добываемого угля.

Библиографический список

1. Разработка технических и технологических решений по совершенствованию дегазации с использованием направленного бурения для условий ООО "Шахта "Усковская" / Д. М. Борзых, А. М. Никитина, С. В. Риб, В. А. Волошин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. Ч. 3. Технические науки. – С. 27-31. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

2. Разработка технико-технологических решений по предотвращению динамических и газодинамических явлений при ведении горных работ в условиях шахты "Есаульская"/ И. Г. Дьяченко, А. М. Никитина, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 11-15 февраля 2019 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 1. Технические науки.– С. 93-96. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

3. Садыков С.Р. Исследование существующих и разработка новых способов и средств прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок / С.Р. Садыков, А.М. Никитина, С.В.Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2014 г. Вып. 18. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ.ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2014. – С. 21–23.

4. Николаев П.И. Выбор подхода для обоснования роботизированных подземных геотехнологий / Сборник докладов ежегодной конференции молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН «Развитие – 2016». – 2016 – с. 52-62.

5. Мировой инновационный проект «Индустрия-4.0» – возможности применения в угольной отрасли России. Систематизация основных элементов проекта «Индустрия-4.0 по базовым процессам горного производства / Ю. А. Плакиткин, Л.С. Плакиткина // Уголь. — 2018. — № 10. — С. 44-50.

6. «Инструкции по дегазации угольных шахт» Выпуск 22, Москва ЗАО НТЦ ПБ 2012 г. (утвержденной приказом № 679 от 1 декабря 2011 г.) 23. Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2011 г. №315.

7. Применение современных методов дегазации при отработке пласта 48 в условиях филиала «Шахта «Ерунаковская-VIII» / С. Н. Ширяев, А. М. Никитина, Р. А. Дадынский // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2018. – № 3 (25). – С. 41-46. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПРОГНОЗА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮЖНОГО КУЗБАССА

Недосеков Д.А., Никитина А.М., Риб С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: dima-nedosekov@rambler.ru*

В данной статье разработаны способы и средства прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля и газа при ведении очистных работ в условиях шахт южного Кузбасса. Рекомендуется к использованию сейсмоакустический способ обнаружения очагов вероятного возникновения динамических явлений в шахтах при помощи аппаратуры АЭШ-1.

Ключевые слова: внезапный выброс, угольные пласты, газодинамические явления, интенсивность.

Проявления внезапных выбросов на угольных шахтах заставляют уделять особое внимание этому виду явлений и, в частности, повышению оперативности и достоверности способов их прогноза. Разработка угольных пластов, подверженных геодинамическим явлениям, характеризуется повышенной опасностью [1]. При этом попутно разрушаются горные выработки и их крепь, горнодобывающая техника и оборудование, травмируются люди. Прогноз опасности динамических явлений должен обеспечивать заблаговременное предупреждение работников шахты о возможном возникновении неблагоприятных геодинамических явлений.

Проблема предотвращения и профилактики внезапных выбросов является в Кузбассе приоритетной. Переход подземных горных работ на новые технологии и глубины, существенно повысил степень геодинамических рисков, повлиял на саму форму проявления внезапных выбросов, в которой начали преобладать крупные «многоочаговые» зоны выбросоопасности. Хорошо показавшие себя в прошлом способы борьбы с внезапными выбросами не способны обеспечить безопасность ведения горных работ. Нормы и требования действующей инструкции трудно согласовываются с новыми интенсивными высокопроизводительными скоростными технологиями добычи [2-5].

Для повышения эффективности мероприятий по предотвращению внезапных выбросов необходимо разрабатывать и внедрять способы и средства их непрерывного мониторинга, основанные на применении новых информационных технологий получения и обработки информации о состоянии горного массива. Обеспечивать достаточный уровень достоверности и точности прогноза геодинамических явлений рекомендуется с помощью интеллектуальной системы прогноза [2,6,7].

Таким образом, использование сейсмоакустического способа обнару-

жения очагов вероятного возникновения динамических явлений в шахтах при помощи аппаратуры АЭШ-1, в условиях ООО «Шахта «Юбилейная», представляется востребованным.

Проведен анализ изученности производственного опыта использования системы непрерывных инструментальных наблюдений при подземной отработке удароопасных угольных пластов.

Установлено, что единственной системой подземного сейсмологического мониторинга, имеющей разрешение Ростехнадзора на использование в подземных условиях взрывоопасных шахт и лицензию на использование на угольных шахтах РФ является сейсмологический комплекс GITS (разработчик ВНИМИ) [2].

Сущность метода состоит в следующем: осуществляется зондирование пласта с помощью двух рамных антенн, установленных в разных положениях, получаемое численное значение используется для расчета электропроводности пород, а далее производится определение выбросоопасности пласта, также используется схема временного накопления получаемой при замерах информации в блоках памяти геофизической аппаратуры, эпизодической передачи накопленной информации.

Метод оценки геомеханического состояния горного массива при помощи инструментальных геофизических наблюдений аппаратурой АЭШ-1 основан на зависимости электропроводности горных пород от величины горного давления (напряженного состояния пласта), степени расслоения и трещиноватости. В основе такой оценки лежит зависимость амплитуды электромагнитного поля от удельной электропроводности горных пород [2, 4].

Напряженность массива при этом оценивается по величине относительного параметра F , равного соотношению амплитуд регистрируемых электромагнитных импульсов соответственно в плоскости, перпендикулярной оси выработки (V_{xx}), в направлении борт-борт (V_{yy}) и кровля-почва (V_{zz}). Отношение амплитуд V_{xx}/V_{yy} характеризует напряженное состояние и нарушенность пласта в забое лавы (в борту выработки), отношение амплитуд V_{xx}/V_{zz} характеризует напряженное состояние и нарушенность кровли-почвы пласта.

Широко применяется типовая схема проведения геофизического обследования для организации контроля за геомеханическим состоянием угольного пласта и пород кровли оконтуренных комплексномеханизированных забоев (лав) с целью оценки удароопасности пласта, а также выявления аномальных тектонических зон и других участков изменения геомеханических характеристик кровли.

Область контроля в типовой схеме охватывает приконтурную часть выемочного столба лавы со стороны конвейерного и вентиляционного штреков, а по возможности – и со стороны монтажной камеры и промпечей. Профильные линии прокладываются по протяженности всего выемочного столба лавы, либо на его каком-либо проблемном участке (например, в районе

зоны повышенного горного давления (ЗПГД), пересечения крупного геологического нарушения, при подходе к передовой выработке и др).

Установлено, что в условиях ООО «Шахта «Юбилейная» наиболее эффективным средством является сейсмоакустический способ обнаружения очагов вероятного возникновения динамических явлений в шахтах при помощи аппаратуры АЭШ-1.

В процессе производства измерений на каждой замерной точке производится позиционирование точек микропрофиля с привязкой их к имеющимся пикетам или с разбивкой отдельной сети привязочных точек геофизических наблюдений и их маркировка по единому правилу для всех участков наблюдений. Закрепление точек должно обеспечить возможность выполнения повторного (либо любого очередного) замера при максимально близком к начальному положению антенн (в пределах погрешности 0,2-0,4м) как вдоль профиля, так и в сечении выработки (как правило – с соблюдением одинаковой удаленности антенн от бортов выработки) [2].

Необходимо тщательно контролировать одновременное изменение пространственного положения принимающей и излучающей рамочных антенн с поочередной ориентацией их в плоскостях XZ , YZ , XY . Указанные положения антенн иллюстрируется на рисунке 1. В левой части рисунка показаны диаграммы направленности излучаемых и регистрируемых сигналов при указанных положениях рамки.

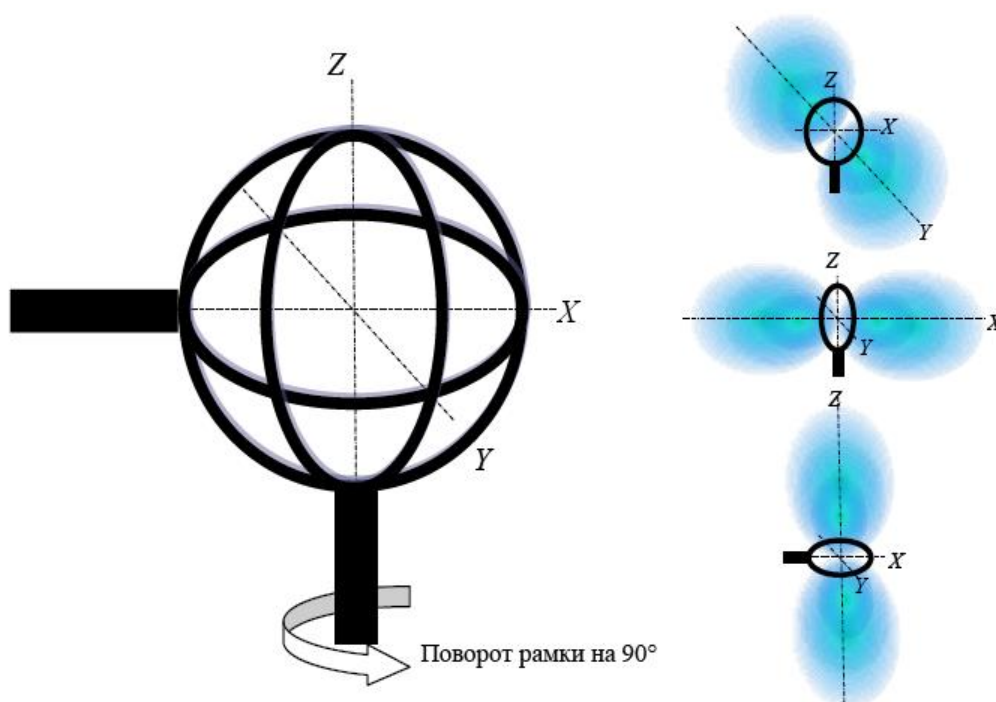


Рисунок 1 - Три положения плоскости рамки антенны при регистрации сигналов, характеризующих состояние массива, соответственно из угольного пласта (плоскость рамки XZ), воздушного пространства выработки (плоскость рамки YZ) и пород кровли (плоскость рамки XY) [2]

В качестве основных мероприятий предлагаются следующие решения.

1) Профилактические меры борьбы с внезапными выбросами для приведения выработок и выемочных участков в невыбросоопасное состояние.

2) Внедрение сейсмоакустического способа обнаружения очагов.

Эта система позволит:

- прогнозировать геодинамические явления на участках осуществляемой добычи;

- заранее выявлять опасные зоны на участках планируемого развития горных работ (на основе регистрации сейсмоакустических «откликов» из этих зон на ранее проводившиеся подземные работы);

- регистрировать все случаи динамических проявлений горного давления в недоступных выработках, а также в толще обрабатываемых массивов;

- при расследовании аварий геодинамической природы предоставлять информацию о наличии очагов сейсмоакустических явлений на участке производимых горных работ и возможного их влияния на возникновение аварийной ситуации.

Библиографический список

1. Разработка технико-технологических решений по предотвращению горных ударов на угольных шахтах / Е.А. Сорокожердев, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 1. Технические науки.– С. 101-104.

2. Мониторинг безопасности угольных шахт, геодинамические риски, контроль состояния массива, технические средства контроля, сейсмические системы контроля, геофизические наблюдения, деформационные датчики, безопасность горных работ // А.Н. Поляков, С.Н. Мулев, А.С. Харкевич, С.Ф. Панин, Д.А. Поляков: метод. указ, 2016. - 82с.

3. Разработка технико-технологических решений по предотвращению динамических и газодинамических явлений при ведении горных работ в условиях шахты "Есаульская" / И. Г. Дьяченко, А. М. Никитина, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 11-15 февраля 2019 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 1. Технические науки.– С. 93-96.

4. Использование системы подземного сейсмологического мониторинга на основе сейсмических комплексов типа GITS / С. В. Супонин, А. М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 11-15 февраля 2019 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 1. Технические науки.– С. 101-104.

5. Исследование существующих и разработка новых способов и средств прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок / Садыков С.Р., Никитина А.М., Риб С.В. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2014 г. Вып. 18. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2014. – С. 21–23.

6. Инструкция прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений [Электронный ресурс]: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. – Электрон. версия. – Санкт-Петербург, ВНИМИ, 2017. Режим доступа: <http://www.vnimi.ru/library.php>. (дата обращения: 5.12.2019).

7. Зыков В. С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах.–Кемерово: ООО «Фирма ПОЛИГРАФ», 2010.– 334 с.

622.817.4:622.22

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПО СОСТАВУ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ООО «ШАХТА ЕСАУЛЬСКАЯ»

Онюшкина А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк , e-mail: onush123@gmail.com*

В данной статье приведены результаты исследования снежного покрова, взятого около промышленных объектов шахты, с целью оценки воздействия ООО «Шахта Есаульская» на качество атмосферного воздуха

Ключевые слова: атмосферный воздух, снежный покров, экологическая ситуация.

Новокузнецк – один из самых загрязнённых городов страны. Город загрязнен солями металлов, угольной пылью и другими вредными веществами. Выбросами промышленных предприятий инфицированы воздух, почва, вода. И не удивительно, ведь Новокузнецк – промышленный горд. Одной из главных отраслей города является горнодобывающая.

Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу постоянно увеличиваются. Одной из причин этому является возрастание объемов добычи в связи с повышением спроса на продукцию угольной промышленности. Экологическая ситуация в городе усугубляется также неблагоприятными погодными условиями, способствующими загрязнению атмосферы. Увеличение

масштабов загрязнения атмосферы требуют быстрых и эффективных способов защиты её от загрязнения, а также способов предупреждения вредного воздействия загрязнителей воздуха.

Согласно требованиям федерального закона №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», юридические лица, осуществляющие производственную деятельность, должны обеспечивать соблюдение нормативов качества атмосферного воздуха и окружающей среды в целом и осуществлять непрерывный контроль за их состоянием в пределах как самой промышленной площадки, так и на границе санитарно-защитной зоны предприятия.

Так как снежный покров является эффективным накопителем загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха которые с талыми водами, поступают в открытые и подземные водоемы, почву, загрязняя их, в работе предлагается исследование снежного покрова около ООО «Шахта Есаульская», так как он накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу.

Цель работы – исследование качества атмосферного воздуха по составу снежного покрова, взятого около промышленных объектов ООО «Шахта Есаульская» для оценки воздействия предприятия на качество атмосферного воздуха.

Местонахождение ООО «Шахта Есаульская» приведено на рисунке 1.

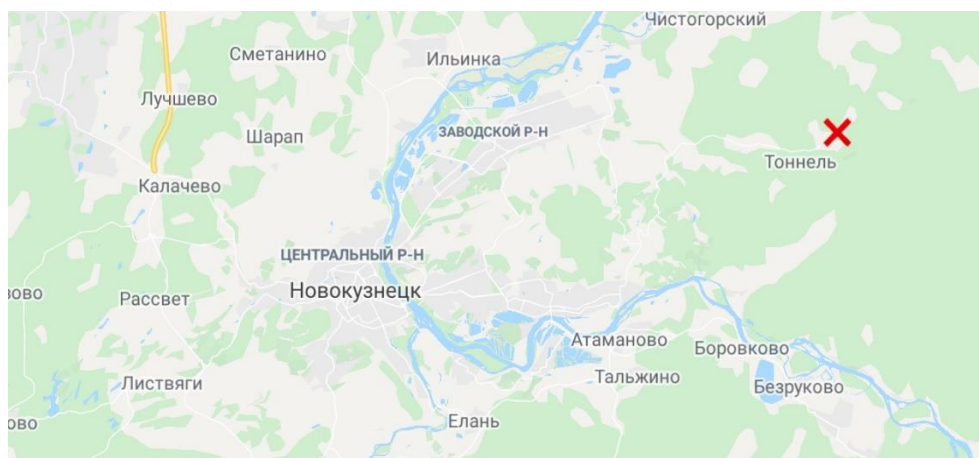


Рисунок 1- Местонахождение ООО «Шахта Есаульская»

Снег не активен ни в биологическом, ни в химическом отношении и, поэтому, является показателем предшествовавшего загрязнения атмосферы и будущего загрязнения почвы и гидросферы, куда твердые и водорастворимые загрязнители поступают при таянии снега. В снеговом покрове аккумулируется пыль, оседающая в периоды между снегопадами. При образовании и выпадении снега в результате процессов сухого и влажного вымывания концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2–3 порядка величины выше, чем в атмосферном воздухе. Поэтому измерения содержания этих веществ могут производиться достаточно простыми методами и с высокой степенью надежности.

Снежный покров является эффективным индикатором процессов закисления природных сред. Загрязнение снежного покрова происходит в 2 этапа. Во-первых, это загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадения на местность – влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом. Во-вторых, это загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, а также их поступления из подстилающих почв и горных пород.

В зависимости от источника загрязнения состав снеговой воды может быть различным. Так, вблизи металлургических заводов он бывает гидрокарбонатно- и сульфатно-кальциевым, гидрокарбанатно- и сульфатно-магниевым. При этом увеличение концентрации гидрокарбонатов кальция и магния дает слабощелочную, а в зоне интенсивного загрязнения – сильнощелочную реакцию. При преобладании в аэрозольных выпадениях кислых продуктов сгорания, например сернистого ангидрида, кислотность осадков возрастает. Учитывая это, можно считать, что одним из информативных показателей загрязненности атмосферы является величина рН снеговых вод.

С целью исследования качества атмосферного воздуха по составу снежного покрова было взято три пробы 11.03.2020 г. около следующих промышленных объектов шахты. Места отбора проб снега приведены на рисунке 2:

1. Около автомобильных весов.
2. Около угольного склада.
3. Около административно-бытового комбината.

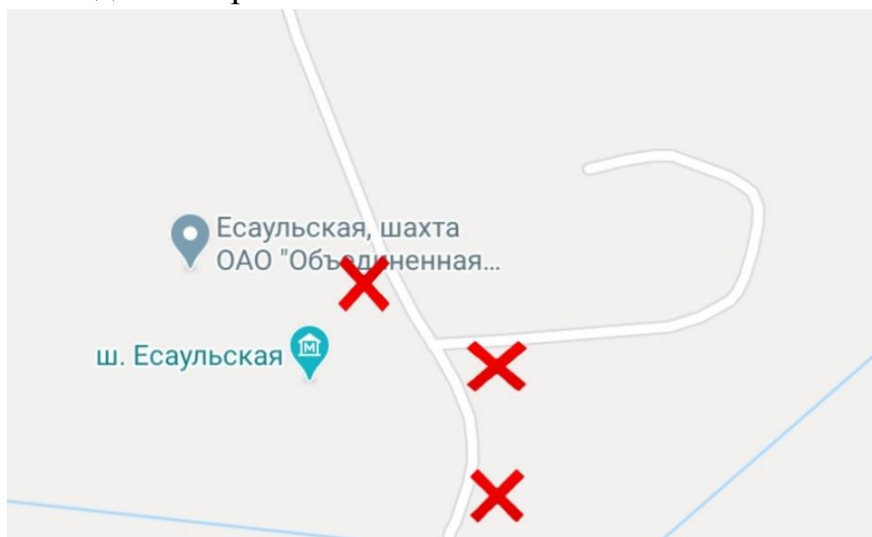


Рисунок 2 – Места отбора проб снега

Осадки растапливались до жидкого состояния, а затем переливались в пластмассовые ёмкости с плотно закрывающейся крышкой, а затем перевозились в химическую лабораторию и переливались в стеклянные ёмкости (рисунок 3). Результаты исследования талого снега в химической лаборатории представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание загрязняющих веществ в талой снежной воде

Название ингредиента	Место отбора проб			
	Административно-бытовой комбинат	Угольный склад	Автомобильные весы	ПДК
рН, ед.рН	6,86	6,06	5,94	6,5-8,5
Сульфаты, мг/л	2,222	4,666	4,555	100,0
Аммоний, мг/л	0,19	0,39	0,48	0,40
Нитраты, мг/л	0,003	0,03	0,009	9,0
Фториды, мг/л	0,13	0,42	0,14	0,05+фон



Рисунок 3 – Набранные пробы снега

- **ПДК** – предельно допустимая концентрация примеси, установленная Минздравом России.

Из таблицы 1 видно, что закисленность осадков рН во всех пробах высокая, особенно около автомобильных весов и составляет 5,94 ед. рН.

Аммоний в пробе, взятой около автомобильных весов превысил ПДК в 1,2 раза. Видимо это связано с выхлопными газами от автомобилей. Самой чистой оказалась проба, взятая около административно-бытового комбината.

Содержание фторидов во всех пробах высокое и превышает ПДК от 2 до 8 раз. Это значит, что во всех пробах талой снежной воды наблюдается превышение ПДК.

Таким образом, мы пришли к выводу, что действительно состав воздуха, и окружающая среда оказывают влияние на качество снега.

С целью сокращения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, рекомендуется горнодобывающим предприятиям осуществлять ком-

плекс мероприятий по охране недр и окружающей среды при разработке угольных месторождений, и они должны быть направлены на:

- создание и внедрение малоотходных и безотходных технологий добычи и переработки угля;
- тушение горящих породных отвалов и предупреждение их самовозгорания;
- оснащение источников промышленных выбросов в атмосферу пыле- и газоулавливающими установками;
- утилизацию метана, выделяющегося при добыче угля.

Библиографический список

1. Гридин В.Г. Анализ состояния ресурсов и охраны Природной седы Кузбасса [Текст] / В.Г. Гридин – Москва, 2006 г. – 416с, ил.

2. Модернизация промышленности улучшает состояние природной среды. [Текст] // Эко-бюллетень ИнЭкА № 6 (137)-2009г. 2-6 с.

3. Исследование качества атмосферного воздуха в городе Новокузнецке по снежному покрову / Кузнецова Е.А., Горбунова А.Р., Павелко Т.С. Никитина Д. Ю. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 : Естественные и технические науки.– С. 346-350.

4. Исследование качества воды города Новокузнецка / Павелко Т.С., Кузнецова Е.А., Горбунова А.Р., Павлов Д.С. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 : Естественные и технические науки.– С. 340-344.

5. Исследование качества водных объектов и снежного покрова города Новокузнецка / Н. В. Шарипова, Я. А. Богданова // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2019 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 4. Естественные и технические науки. – С. 356-362.

6. Исследование состояния качества речной воды города Новокузнецка / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей редакцией М.В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – Вып. 20. - Ч. IV. Технические науки. – С. 314-319.

ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Рубцова А.К., Сат Ч.А., Пушинский С.Н.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Домрачев А.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В данной статье рассматривается обоснование экономической целесообразности комбинированной подземной технологии и расчет оптимальных параметров очистных работ в коротких забоях. Для реализации решения задачи были использованы возможности табличных процессоров – Open Office Calc и MS Excel.

Ключевые слова: комбинированная подземная разработка, короткие забои, линейное программирование, потери угля.

Серьезной проблемой на пути реализации комбинированной подземной технологии является обоснование экономической целесообразности ее использования и расчет оптимальных параметров работ как в длинных комплексно-механизированных забоях [1,2], так и особенно в коротких забоях [3-5]. Исходя из вышеизложенного, была сформулирована целевая функция задачи линейного программирования (1) минимизирующая издержки очистных работ и система ограничений (2), исключающая недопоставку угля потребителям (т.е. снижение добычи ниже установленного минимума $A_{0.3}$, т/сут). Важными факторами, влияющими на эффективность реализации комбинированной технологии являются возможности проветривания, капитальные затраты (инвестиции), а также возможности воспроизводства фронта работ для участков с короткими очистными забоями.

Для оценки влияния стоимостных параметров отработки запасов короткими забоями на целесообразность реализации комбинированной технологии предлагается использовать математический аппарат линейного программирования [6]. Поставленная задача может быть реализована в виде.

$$A_{кз} C_{кз} + A_{кмз} C_{кмз} \rightarrow \min. \quad (1)$$

$$A_{кз} + A_{кмз} \geq A_{0.3};$$

$$(A_{кз} \rho_{кз} + A_{кмз} \rho_{кмз}) / 1000 \leq N_{п.б.кз} v_{п.кз} + N_{п.б.кмз} v_{п.кмз};$$

$$q_{кз} A_{кз} k_{п.кз} + q_{кмз} A_{кмз} k_{п.кмз} \leq 14, 4(Q_{кз} + Q_{кмз}); \quad (2)$$

$$A_{кз} (\Pi_{кз} - C_{кз} k_{0.ш}) \geq K_{кз} / 365 T_{0.3}$$

где $A_{кз}$ - добыча из коротких забоев, т/сут;

- $C_{кз}$ - себестоимость угля в коротких забоях, руб/т;
- $A_{кзм}$ - добыча из длинных забоев, т/сут;
- $C_{кзм}$ - себестоимость угля в длинных забоях, руб/т;
- $A_{о.з}$ - минимально допустимая добыча из очистных забоев, т/сут;
- $\rho_{кз}$ - удельная протяженность подготовительных выработок в коротких забоях, м/1000т;
- $\rho_{кзм}$ - удельная протяженность подготовительных выработок в длинных забоях, м/1000т;
- $N_{п.б.кз}$ - число проходческих бригад для подготовки коротких очистных забоев;
- $N_{п.б.кзм}$ - число проходческих бригад для подготовки длинных очистных забоев;
- $v_{п.кз}$ - скорость проведения выработок при подготовке коротких очистных забоев, м/сут;
- $v_{п.кзм}$ - скорость проведения выработок при подготовке длинных очистных забоев, м/сут;
- $q_{кз}$ - относительная газообильность в коротких забоях, м³/т;
- $q_{кзм}$ - относительная газообильность в длинных забоях, м³/т;
- $Q_{кз}$ - максимальная подача воздуха в короткие забои, м³/мин;
- $Q_{кзм}$ - максимальная подача воздуха в длинные забои, м³/мин;
- $k_{н.кз}$ - коэффициент неравномерности газовыделения в коротких забоях;
- $k_{н.кзм}$ - коэффициент неравномерности газовыделения в длинных забоях;
- $k_{о.ш}$ - коэффициент пересчета в капитальные затраты
- $K_{кз}$ - капитальные затраты на короткие забои, руб;
- $T_{о.з}$ - срок окупаемости капзатрат, лет;
- $C_{кз}$ - рыночная цена угля, руб/т.

При использовании приведенных выше условия и ограничений максимально допустимым можно считать значение $C_{кз}$, при котором выполняется условие $A_{кз}=0$. Схема реализации предложенного алгоритма в табличном процессоре Open Office Calc приведена на рисунке 1.

Использование описанного выше подхода позволяет оценить экономически эффективный (оптимальный) уровень добычи в коротких забоях при реализации комбинированной подземной отработки пластовых месторождений. По результатам расчетов, что для экономически оправданной компенсации потерь добычи в длинных комплексно-механизированных забоях при переходе разрывных нарушений себестоимость угля в коротких забоях в зависимости от сопутствующих капитальных затрат не должна превышать аналогичный показатель для длинных комплексно-механизированных забоев более чем на 5-10%.

C	D	E	F	G	H
1831304,348	->	min		КМЗ	КЗ
5000	>=	5000	Себестоимость, руб/т	240	300
39130,43478	<=	43200	Относительная газообильность, м3/т	8	2
141	<=	141	Удельная протяженность ПГВ, м/т	0,006	0,075
1769565,217	>=	159817,352	Условная прибыль, руб/т		1100,00
			Запасы для коротких забоев, тыс. т		670
			Срок окупаемости инвестиций, лет		6
			Сумма капитальных затрат (инвестиций) т.руб		350000
			Цена угля, руб/т		2300
			Количество воздуха для проветривания, м3/мин	2000	1000
			Коэффициент неравномерности метановыделения	1,3	1,2
			Число проходческих бригад	3	7
			Скорость ПГВ, м/сут	12	15

Решатель

Целевая ячейка: \$C\$1

Результат: Максимум Минимум Значение

Изменяя ячейки: \$A1:\$A2

Ограничительные условия:

Ссылка на ячейку	Операция	Значение
\$C\$2	>=	\$E\$2
\$C\$3	<=	\$E\$3
\$C\$4	<=	\$E\$4
\$C\$5	>=	\$E\$5

$C2=A1+A2$
 $E3=(G10+H10)*14,4$
 $E4=G12*G13+H12*H13$
 $C3=G11*G3*A1+H3*A2*H11$
 $C4=G4*A1+H4*A2$
 $C5=H5*A2$
 $E5=H8*1000/(H7*365)$

Параметры... Справка Закрывать Решить

Рисунок 1 - Схема реализации алгоритма в табличном процессоре Open Office Calc

Библиографический список

1. Домрачев А.Н. Выбор и обоснование алгоритма моделирования работы длинного очистного забоя с учетом влияния неравномерности метановыделения / А.Н. Домрачев, С.В. Риб, А.М. Никитина – Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1 (19). - С. 44-45.
2. Домрачев А.Н., Риб С.В. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой. - Вестник Сибирского государственного индустриального университета №3 (17)/Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. редакцией Е.В.Протопопова, М.В.Темлянцева. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. - С.8-10.
3. Домрачев А.Н., Криволапов В.Г. Выбор и обоснование параметров комбинированной технологии при различных способах развития шахтного фонда. – Новокузнецк, 2011. – 209 с.

4. Домрачев А.Н. Моделирование работы коротких забоев в качестве элемента комбинированной технологии отработки пологих пластов. - Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк : СибГИУ, 2016. - С.156-159.

5. Домрачев А.Н., Доносов Е.П. Оценка эффективности использования пионерных участков на основе систем разработки с короткими забоями Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: СибГИУ, 2011. - С. 106-108.

6. Лунгу К. Н. Линейное программирование. Руководство к решению задач. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. -128 с.

УДК 622.817

УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕМПОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Салманова Е.А., Никитина А.М., Риб С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ulitina.katia2013@yandex.ru*

В данной статье предлагается способ увеличения темпов проведения подготовительных выработок на высокогазоносных угольных пластах Кузбасса с помощью применения технологии ведения горных работ в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном инертными средами.

Ключевые слова: скоростное проведение выработок, газовый барьер, инертная среда.

Переход шахт Кузбасса на многоштрековую подготовку выемочных участков привел к новой проблеме: скорость подвигания очистного забоя превышает скорость проведения подготовительных выработок [1,4-6].

Проблему отставания проходческого забоя возможно решить за счет увеличения темпов проведения подготовительных выработок (скоростное проведение подготовительных выработок), что позволит сократить разрыв между необходимым объемом проведения выработок и фактическим подвиганием очистного забоя. На большинстве шахт средние темпы проведения выработок не отвечают современным требованиям эффективной отработки угольных пластов очистными комплексно-механизированными забоями, согласно которым длительная среднесуточная нагрузка на очистные забои на пластах вынимаемой мощностью 1-5 м должна составлять от 2000-3000 до 15000 т/сут [1,4-6].

Обильное метановыделение в проходческом забое на высокогазоносных угольных пластах Кузбасса не позволяет увеличить темпы проведения подготовительных выработок. С увеличением глубины ведения работ эффективность применения проветривания и дегазации снижается. Существующие методики и нормативные документы разработаны, в основном, на базе теоретических исследований и экспериментов, проведенных на выемочных участках с нагрузкой на очистной забой до 1000 т/сут. Таким образом, необходимо совершенствование существующей системы управления метановыделением на основе новых методов и способов прогноза и профилактики газирования горных выработок [2].

Для эффективного и безопасного проведения подготовительных выработок предлагается применить технологию ведения горных работ в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном инертными средами.

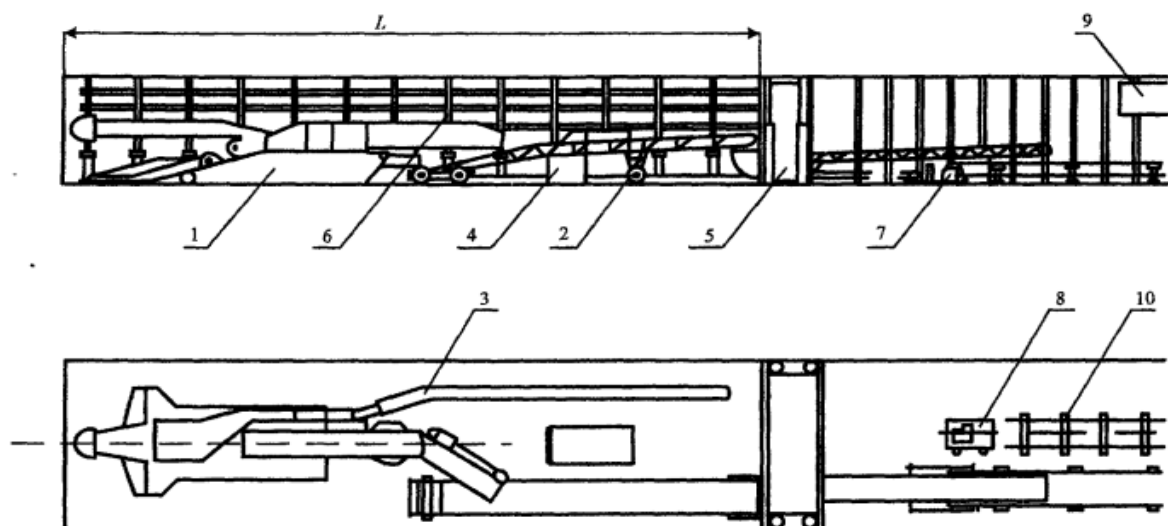
Идея технологии заключается в том, что на газоносных угольных пластах повышение скорости проведения подготовительных выработок может быть достигнуто за счет применения инертной метановой среды в ее изолированной призабойной части рациональной длины [3].

В основу технологии ведения горных работ в инертной метановой среде заложена идея выполнения технологических процессов добычи угля, сопряженных с опасностями для горнорабочих, в изолированном от общешахтной атмосферы пространстве, заполненном инертной газовой средой, которая исключает возможность взрыва и воспламенения метановой смеси. Все основные технологические процессы при этом должны выполняться механизированными комплексами без постоянного присутствия персонала [3].

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема, главной особенностью которой является разделение подготовительной выработки на две части с помощью мобильного шлюзового устройства, рисунок 1.

В призабойной части работы выполняются в инертной метановой среде. В этой части выработки выполняются процессы временного крепления, отбойки и погрузки горной массы. В остальной части выработки работы проводятся в проветриваемой атмосфере и выполняются процессы постоянного крепления, настилки рельсовых путей, навески трубопроводов, а также другие технологические процессы, степень механизации которых в настоящее время недостаточна.

Мобильное шлюзовое устройство выполняет следующие основные функции: надежное разделение двух газовых сред, передвижение вместе с фронтом проходческих работ, пропуск людей, материалов и отбитой горной массы. Схема размещения оборудования представлена на рисунке 1.



1 – ГПКС; 2 – перегружатель; 3 – пылеотсасывающая установка;
 4 – КШП-115; 5 – шлюзовое устройство; 6 – ВМПК; 7 – ЛТП-80;
 8 – ЛВД-25; 9 – вентиляционный трубопровод; 10 – рельсовый путь [3]

Рисунок 1 – Технологическая схема проведения подготовительных выработок с использованием инертной метановой среды

На рисунках 2 и 3 представлены графики зависимости скорости проведения подготовительных выработок от дебита метана в выработке.

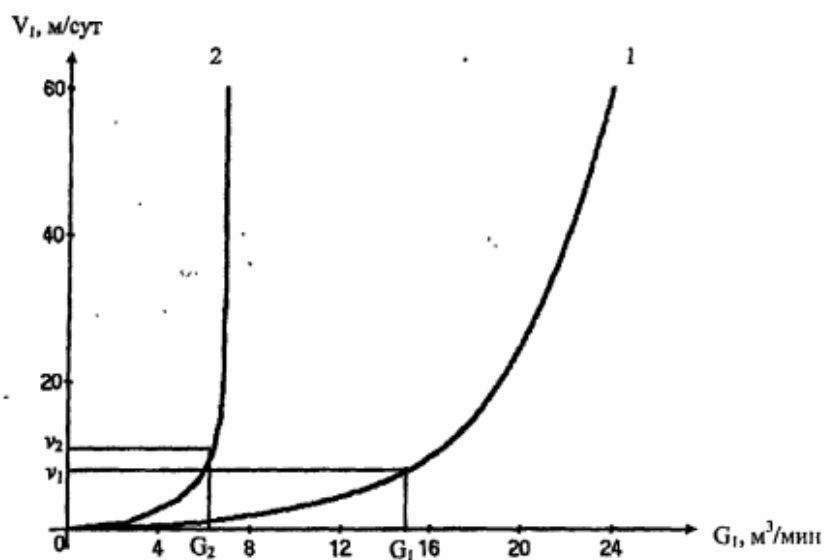


Рисунок 2 – Скорость проведения выработки без использования инертной среды: 1 – дебит метана по всей выработке; 2 – дебит метана в призабойной части; G_1 – максимально возможный дебит метана; V_1 – максимально возможная скорость [3]

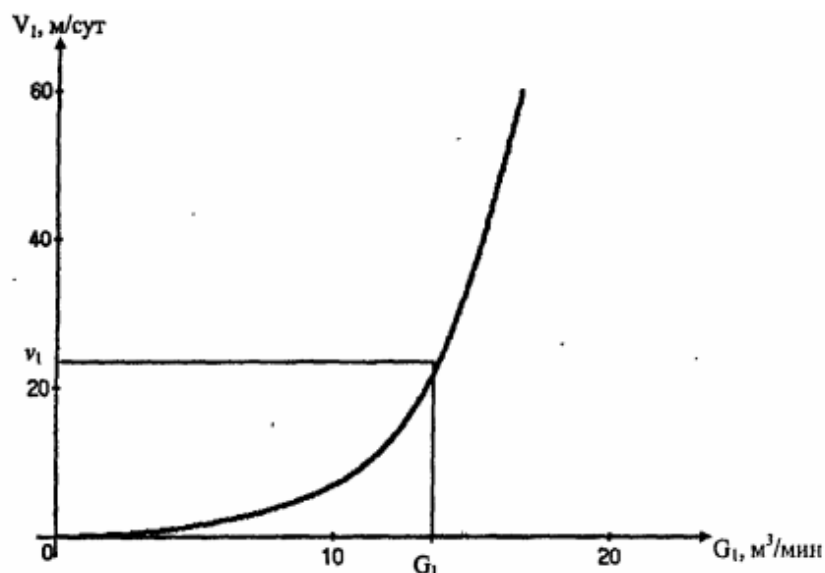


Рисунок 3 – Скорость проведения выработки с использованием инертной среды при изолированном отводе 30% выделяющегося метана: G_1 – максимально возможный дебит метана; V_1 – максимально возможная скорость [3]

Из графиков видно, что при использовании инертной среды в призабойном пространстве скорость проведения подготовительных выработок увеличивается в 3 раза.

Применение новой технологической схемы позволит увеличить скорость проведения конвейерного штрека со 157 м/мес до 630 м/мес и снизить полную стоимость проведения штрека на 11,8 %.

Библиографический список

1. Розенбаум М.А. Результаты промышленных испытаний способа скоростного проведения подготовительных выработок на шахтах Кузбасса / М.А. Розенбаум, С.И. Калинин, М.С. Добровольский, С.В. Кузьмин - М. : Маркшейдерия и недропользование. – 2015. - №1 – С.43-49.
2. Техническое обеспечение поточного проведения подготовительных выработок на угольных шахтах / В.А. Атрушкевич, А.А. Атрушкевич, О.А. Атрушкевич // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2012. – №1. – С.3-13.
3. Егорин С.В. Обоснование технологических параметров проведения подготовительных выработок по газоносным угольным пластам с использованием инертных сред / С. В. Егорин - М. : Автореферат - Москва. – 2003.
4. Разработка технико-технологических решений по повышению темпов проведения подготовительных выработок в условиях «Шахты «Алардинская» / С. А. Савченко, В. А. Воронков, А. М. Никитина, С. В. Риб, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 :

Естественные и технические науки. – С. 56-60.

5. Разработка технико-технологических решений по увеличению темпов проведения горных выработок в условиях ООО «Шахта «Усковская» / А. Ю. Портнягин, А. М. Никитина, С. В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2019 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 7. Технические науки. - С. 263-267. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

6. Повышение производительности труда подготовительных бригад для своевременной подготовки фронта очистных работ на шахте "Алардинская" / С.В. Риб, В.В. Микунов, В.А. Волошин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения, СибГИУ, 2015 . – Вып. 19. – Ч. 2 : Технические науки. – С. 31-34.

УДК 622.814: 622.333

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПЫЛЕВЗРЫВОБЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Секингер Н.Ю., Никитина А.М., Риб С.В., Коряга М.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: niketos1996@gmail.com*

Для повышения эффективности противопылевых мероприятий предлагается система контроля интенсивности пылеотложения в горных выработках. Рекомендуемые технические решения по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок угольных шахт позволят обеспечить безопасность ведения технологических операций горного производства.

Ключевые слова: угольная пыль, противопылевые мероприятия, контроль пылеотложения.

По сравнению с другими отраслями промышленности во многих странах мира условия труда в горнодобывающей промышленности являются одними из наиболее опасных. Горнодобывающая промышленность является опасным видом деятельности на войне с непредсказуемыми силами природы. В результате, горнодобывающая промышленность продолжает быть связанной с высоким уровнем несчастных случаев, травм и заболеваний. Несмотря на рекордный прогресс в снижении смертности и травматизма, количество и тяжесть несчастных случаев в шахтах остаются неприемлемыми, а уровень профессиональной заболеваемости высок по сравнению с другими отраслями.

Среди всех зафиксированных на производстве профессиональных за-

болеваний примерно 1/5 часть представлена заболеваниями, связанными с воздействием пыли (рисунок 1).

Взрывчатые свойства угольной пыли представляют одну из основных опасностей предприятий, добывающих уголь подземным способом. Причем главную опасность при ведении горных работ в шахтах представляют скопления пыли, отложившейся по сети горных выработок. Если уровень концентрации, витающей в атмосфере выработок пыли в последние годы удалось существенно ограничить нормативно на два порядка меньше нижнего концентрационного предела взрываемости наиболее опасных пластов, то с пылеотложениями дела обстоят гораздо сложнее. Неблагоприятная пылевая обстановка в очистных забоях обусловлена, прежде всего, значительной интенсивностью ведения горных работ, связанной с внедрением высокопроизводительных комбайнов, например, фирмы Joy. При современных нагрузках в призабойной зоне подготовительных и очистных выработок с исходящей вентиляционной струей опасные накопления отложившейся пыли практически могут образовываться за несколько часов или даже минут работы горной техники [1 – 5].



Рисунок 1 – Удельный вес профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием различных вредных производственных факторов

Значительный вклад в решение проблемы снижения уровня запыленности на горнодобывающих предприятиях внесли такие учёные как: А.И. Ксенофоптова, В.В. Кудряшов, И.Г. Ищук, Б.Ф. Кирин, А.Д. Рубан, Ю.В. Шувалов, М.М. Сметанин, И.П. Озерной, Г.А. Поздняков, С.П. Подображин, А.А. Трубицын, Л.Я. Лихачёв, С.Б. Романченко, О.В. Скопинцева и др.

Для повышения эффективности противопылевых мероприятий рассмотрим новую разработку – система контроля интенсивности пылеотложе-

ния в горных выработках СКИП.

Этот прибор является функциональным развитием такого класса приборов как автоматические измерители запыленности, которые в настоящее время широко применяются в шахтах, кроме того проникают и в другие области технологических решений, связанных с обеспечением измерения концентрации пыли в воздухе.

Все устанавливаемые стационарные измерители пыли в воздухе предназначены только для измерения массовой концентрации пыли в воздухе.

Основная масса приборов, которая имеется в настоящее время на рынке – это приборы ИЗСТ-01, PLL, МИК, работающие по одному и тому же принципу, а некоторые из них также похожи в конструктивных решениях.

В этих приборах используется принцип регистрации излучения рассеявшегося на частицах пыли, проходящих через прибор – чем больше интенсивность принятого рассеянного света на частицах, тем больше концентрация пыли.

Все автоматические пылемеры обеспечивают в угольной шахте, важную, но только одну функцию – измерение концентрации, витающей в воздухе горных выработок пыли. В то же время другая важная проблема, проблема осевшей пыли, находящейся на почве и бортах горных выработок не может быть решена только измерением концентрации пыли в воздухе горных выработок. Это связано с различным характером движения частиц разных размеров.

В настоящее время для контроля пылевзрывобезопасности используется прибор ПКП, который требует время измерения в одной точке подряд 10 минут. Измерения данным прибором возможны только в ручном режиме, так как это связано с процедурами пробоотбора и пробоподготовки.

В целях осуществления автоматического непрерывного контроля пылеотложения и автоматического непрерывного контроля витающей пыли в воздухе горных выработок угольных шахт был разработан новый прибор – Система контроля интенсивности пылеотложения (СКИП).

Конструктивно прибор СКИП состоит из лазера, создающего зондирующий пучок излучения и фотоприемников для регистрации рассеянного излучения, а также вспомогательных систем – системы стабилизации положения лазера, регистрации изгибов корпуса, контроля температуры лазера и фотоприемников.

Лазерное излучение, проходящее через воздух с находящимися в нем частицами пыли рассеивается и регистрируется. Но в отличие от других пылемеров в данном случае используется фотолинейка с расположенными на ней свыше 500 высокочувствительных фотоприемников. Это позволяет принимать излучение, которое рассеивается на частицах пыли в разные стороны, и точно определять угол, под которым пришло рассеянное излучение от каждой пылинки, проходящей через лазерный луч прибора. Общий вид прибора СКИП представлен на рисунке 2 [6].

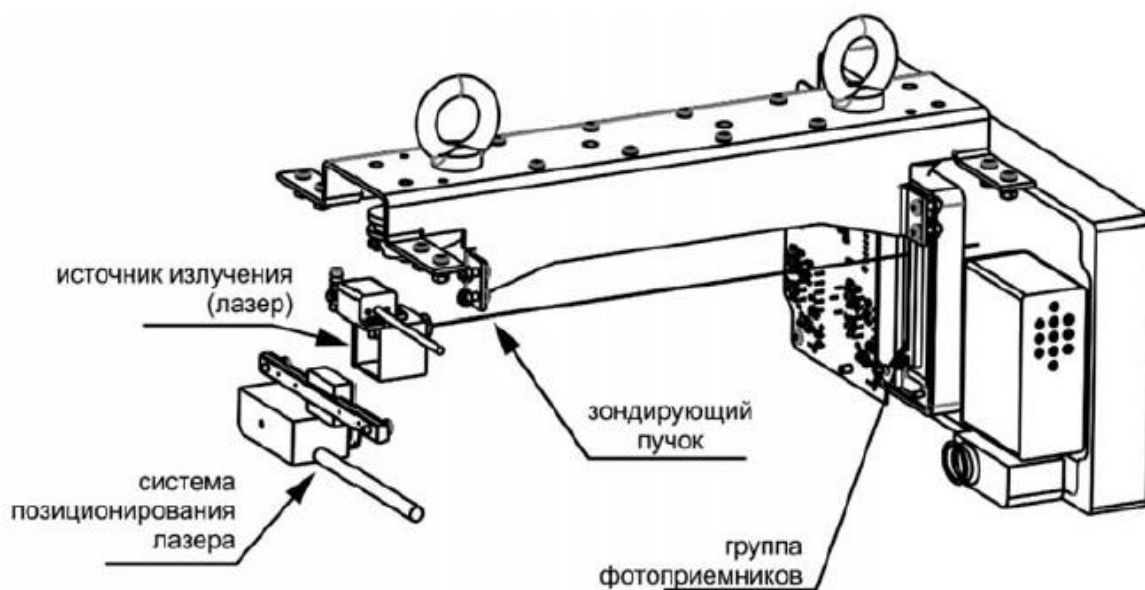


Рисунок 2 – Общий вид прибор контроля интенсивности пылеотложения в горных выработках СКИП [6]

Далее на основании данных об интенсивности рассеянного света под разными углами вычисляются размеры частиц, пролетающих в потоке воздуха через прибор.

Данные о дисперсном составе, скорости движения воздуха, а также от других вспомогательных датчиков сводятся в общую формулу, которая позволяет вычислить интенсивность пылеотложения на различных расстояниях от прибора на протяжении горной выработки.

Расчет интенсивности пылеотложения с использованием дисперсного состава позволяет учитывать скорости осаждения частиц, а также иметь представление о дисперсном составе частиц на протяжении горной выработки. При проведенных нами исследованиях было установлено, что с удалением от источника интенсивного пылевыделения существенно возрастает доля тонких фракций, что значительно увеличивает взрывчатые характеристики отложившейся в горных выработках угольной пыли.

Так как прибор контроля интенсивности пылеотложения в горных выработках работает непрерывно и постоянно вычисляет интенсивность пылеотложения, суммируя интенсивность пылеотложения можно получить накопленное пылеотложение.

Данные о накопленном пылеотложении автоматически передаются диспетчеру через систему аэрогазового контроля (АГК), и при достижении накопления пыли величины нижнего порога взрываемости для данного угольного пласта, прибор автоматически, дополнительно, уведомляет диспетчера о проведении профилактических мероприятий по приведению горной выработки во взрывобезопасное состояние.

Кроме того, система контроля интенсивности пылеотложения СКИП

позволяет определять моменты осланцевания горных выработок и регистрировать их в своем журнале с последующим извещением диспетчера шахты.

Внедрение нового прибора контроля интенсивности пылеотложения в горных выработках дает возможность автоматизировать процесс контроля пылевзрывобезопасности, проводить профилактические мероприятия адресно, только в тех местах, где это требуется, отрегулировать интенсивность таких мероприятий в соответствии с реальным пылеотложением, тем самым сэкономить людские и материальные ресурсы, а главное обеспечить безопасность ведения технологических операций горного производства.

Библиографический список

1. Фомин А.И. Исследование влияния угольной пыли на безопасность ведения горных работ / А.И. Фомин, Я.С. Ворошилов, Д.Ю. Палеев // Горная промышленность. – 2019. – № 1 (143). – С. 70-73.

2. Разработка технологических решений по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок в условиях филиала "Шахта "Увальная"/ Д.М. Борзых, А. М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. Ч. 3. Технические науки. – С. 3-8.

3. Снижение запыленности горных выработок в условиях шахты «Хакасская» / А.М. Никитина, С.В. Риб, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2019 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 4. Естественные и технические науки. – С. 96-100.

4. Кудряшев В.В. О непрерывном контроле пылеотложения в горных выработках угольных шахт // Аэрология: Сборник научных трудов по материалам симпозиума «Неделя горняка 2007». 2007. - N12. – С. 245-255.

5. Снижение запыленности горных выработок в условиях шахты «Талдинская - Западная-1» / В. А. Сизых, А. М. Никитина, С. В. Риб, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2019 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 7. Технические науки. - С. 267-271.

6. Разработка метода и систем контроля интенсивности пылеотложений для повышения пылевзрывобезопасности горных выработок / Я.С. Ворошилов, Д.А. Трубицына // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2017. - №4. С. 28-41.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗРЕЗА ООО «БУНГУРСКИЙ - СЕВЕРНЫЙ» НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ В РАДИУСЕ ОДНОГО КИЛОМЕТРА

Шарипова Н.В., Богданова Я.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: nadya_v2015@mail.ru*

В данной статье рассмотрена проблема загрязнения атмосферного воздуха от угольного разреза «Бунгурский- Северный» в радиусе одного километра. Представлены сведения о видах загрязняющих веществ в атмосфере санитарно-защитной зоны разреза, соотношении с ПДК и динамике концентраций в зависимости от источника загрязнений. Материалами для написания статьи явились результаты исследований загрязнений талого снега, взятого для анализа на расстоянии от разреза 50 метров, 100 метров, 300 метров (угольный склад), 500 метров и 1000 метров.

Ключевые слова: угольный разрез, атмосферный воздух, талый снег, ПДК, хлориды, сульфаты, аммоний, нитриты, фториды.

Атмосферный воздух – один из важнейших компонентов среды, который окружает человека. Кислород необходим для дыхания всем живым организмам. Жителям городов не безразлично, каким воздухом они дышат, много ли вредных веществ в нём содержится? Загрязняющие вещества, содержащиеся в атмосфере, могут вызывать различные заболевания людей.

Существует огромное количество видов атмосферных явлений, среди которых можно выделить атмосферные осадки – дождь, снег, град и т. д. О наличии загрязняющих веществ можно судить по уровню и составу загрязнения снега. Снег – один из наиболее информативных и удобных индикаторов загрязнения природной среды. У снега есть свойство адсорбировать из атмосферы вредные вещества. Исследуя его, мы можем наглядно проследить уровень загрязнения атмосферного воздуха [1-3,5,6].

Целью данной работы является оценка влияния разреза ООО «Бунгурский- Северный» на атмосферный воздух путем исследования уровня загрязнения снежного покрова в радиусе 1 км от источника.

Для достижения цели перед нами ставится задача – определить уровень загрязнения снежного покрова в пяти контрольных точках (см. рисунок 1). Отбор проб снега осуществлялся в феврале 2020 года. Для данного исследования были выбраны следующие объекты:

- в контрольной точке № 1 – на расстоянии 50 м от разреза;
- в контрольной точке № 2 – на расстоянии 100 м;
- в контрольной точке № 3 – на расстоянии 300 м от разреза (на данном расстоянии находится угольный склад);

- в контрольной точке № 4 – на расстоянии 500 м;
- в контрольной точке № 5 – на расстоянии 1000 м (1 км).

Контрольные точки мест отбора проб показаны на рисунке 1.

В качестве метода исследования использован экспериментально-аналитический.

Объектом наблюдений и исследований, описанных в работе, является снег, взятый на расстоянии 50м, 100м, 300м, 500м и 1000 м от разреза ООО «Бунгурский- Северный» (рисунок 2).

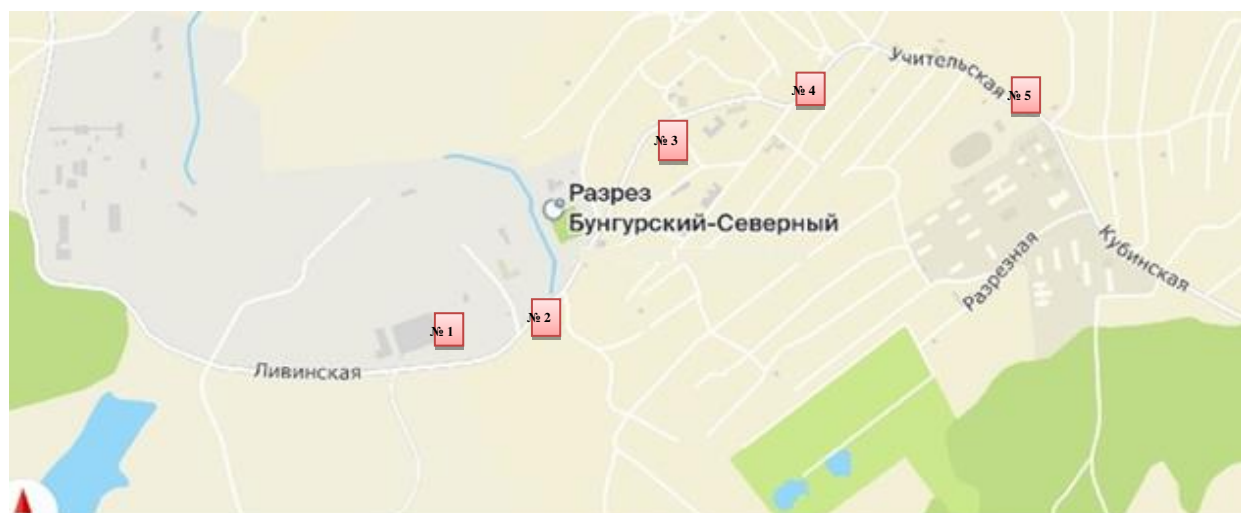


Рисунок 1 – Карта контрольных точек отбора проб разреза «Бунгурский- Северный»



Рисунок 2 – Пробы талого снега возле угольного разреза «Бунгурский-Северный»

Взятый для анализа снег растопили до жидкого состояния. Химический анализ талой снежной воды проводился в Новокузнецкой лаборатории – Гидрометобсерватории [2]. Все пробы снега в пробирках исследовались на

наличие в талой воде цвета, прозрачность присутствие взвесей. Талая вода фильтровалась через фильтры обеззоленные ЭКОС.1 и подвергалась реакции с 15 мг/л буферным раствором для обнаружения фторид- ионов.



А



Б

Рисунок 3- а) фильтры обеззоленные ЭКОС.1; б) добавление буферного раствора пипеткой Мора

Определялись следующие показатели воды: кислотность воды (рН) на АНИОНЕ-7051, концентрации: фторидов на АНИОНЕ 4100 и концентрации сульфатов, нитритов, аммония на спектрофотометре ПЭ-5400 ВИ. Предварительно вода была профильтрована, и вычислен сухой остаток (100мг).

Полученные результаты фиксировались в таблицах (таблица 1), из них были построены диаграммы химических анализов талой воды.



Рисунок 4- Фильтрация талой воды через фильтры



Рисунок 5 - Анализатор воды АНИОН – 7051 (рН-метр)



Рисунок 6 - Анализатор воды АНИОН 4100 (иономер).



Рисунок 7 - Спектрофотометр ПЭ 5400 ВИ

Таблица 1 – Результаты химического анализа проб талой воды

Химический состав	Дата отбора проб и расстояние взятия пробы					
	13.02.20г 50 м	13.02.20г 100м	13.02.2020г 300 м (угольный склад)	13.02.20г 500 м	13.02.20г 1000 м	ПДК, мг/л
рН, ед. рН	7,8	7,8	7,7	7,4	7,2	6,5- 8,5
Сульфаты, мг/л	13,89	11,56	8,22	7,22	7	100,0
Аммоний, мг/л	0,73	0,57	0,45	0,40	0,32	0,40
Нитриты, мг/л	0,41	0,27	0,06	0,05	0,02	0,020
Фториды, мг/л	0,16	0,16	0,31	0,10	0,09	0,05+ фон

Проанализировав результаты химического анализа проб талой снежной воды (таблица 1), взятого около угольного разреза «Бунгурский- Северный», были построены графики и сделаны выводы:

- концентрация ионов водорода рН не была превышена ни в одной из исследуемых проб;

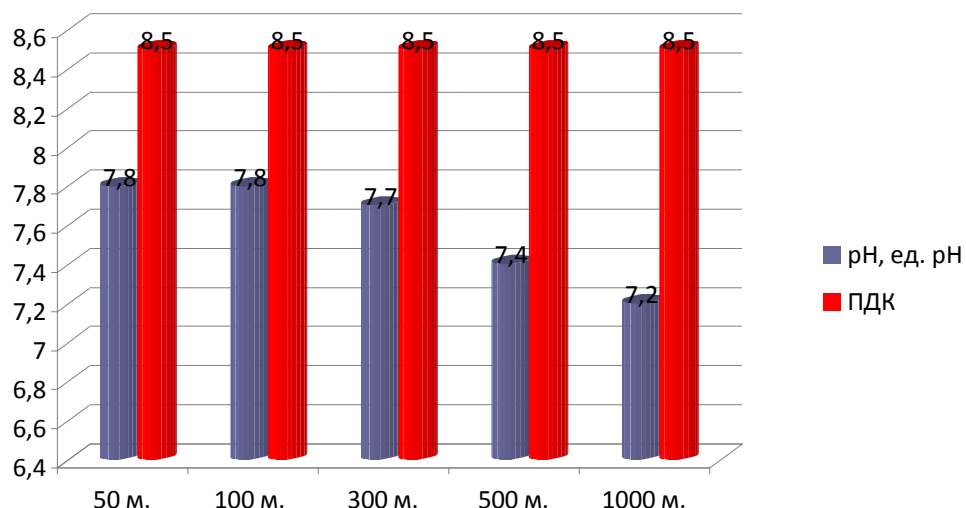


Рисунок 8- Сравнение концентрации ионов водорода рН с предельно допустимой концентрацией примеси (ПДК)

ПДК – предельно допустимая концентрация примеси, установленная Минздравом России [4].

– концентрация сульфатов не была превышена допустимой норы ПДК.

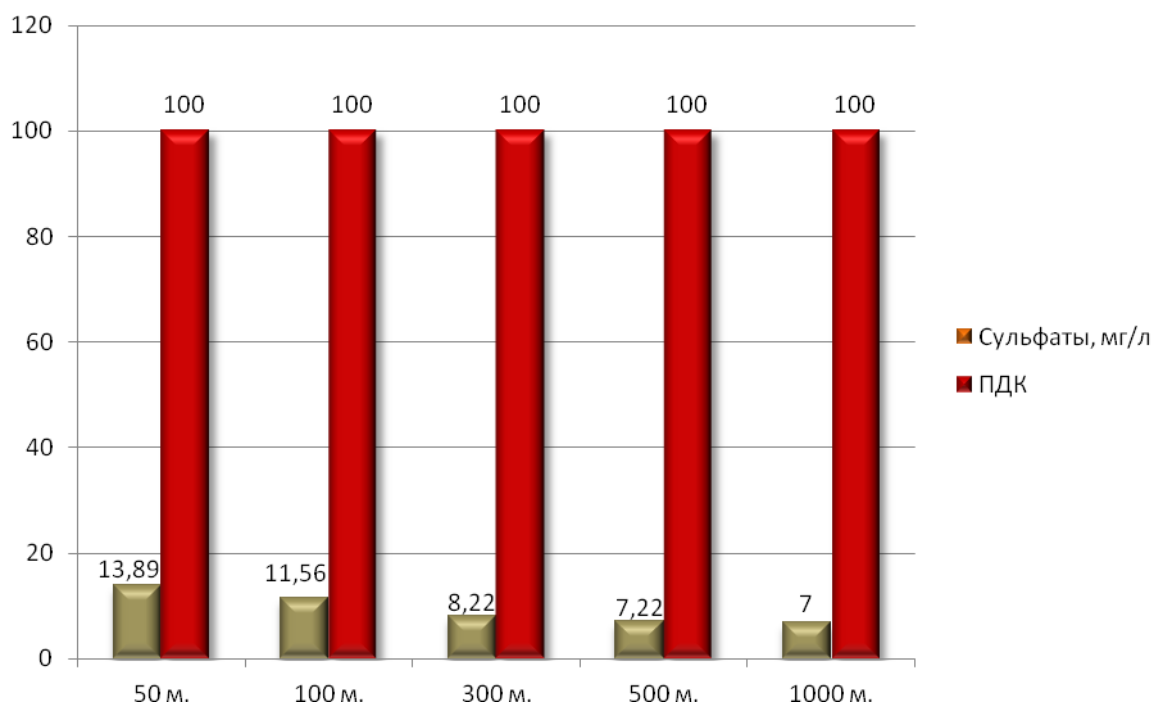


Рисунок 9 - Сравнение концентрации сульфатов с ПДК

– концентрация аммония не была превышена только на расстоянии 1000 м от разреза, на расстоянии 500 м концентрация вошла в норму, а далее наблюдается превышение на расстоянии 300м – 0,5 мг/л, на расстоянии 100м – 0,17 мг/л, на расстоянии 50 м – на 33 мг/л.

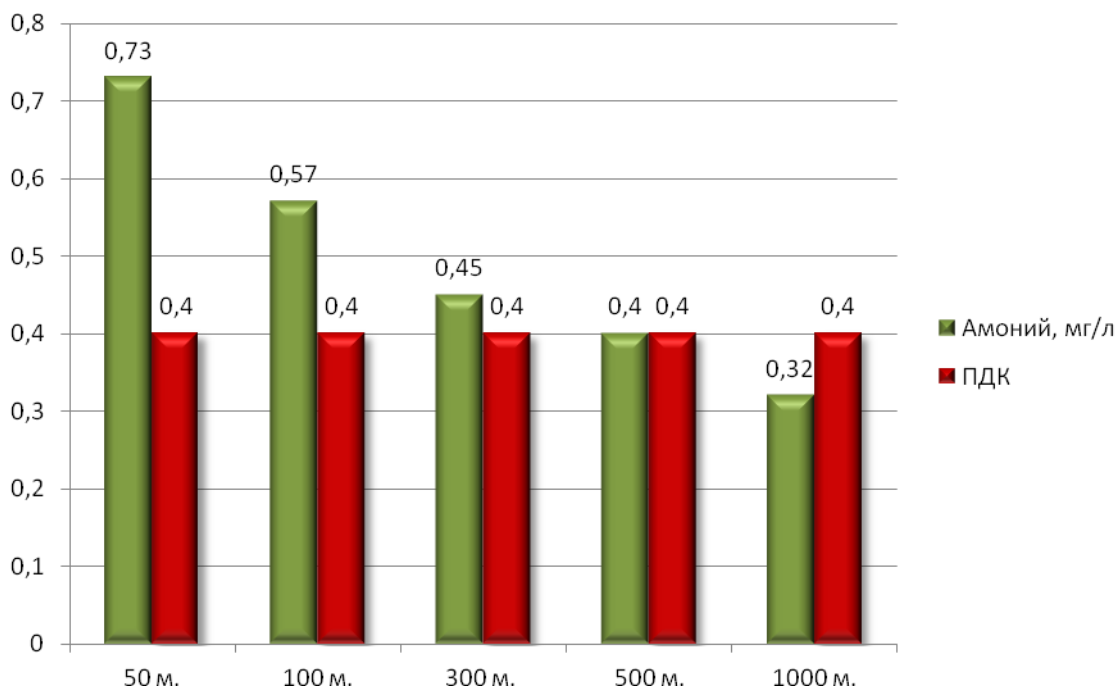


Рисунок 10- Сравнение концентраций аммония с ПДК

– показатели на нитриты не превышают ПДК на расстоянии 1 км, чем ближе к разрезу превышение возрастает примерно в 1 раз.

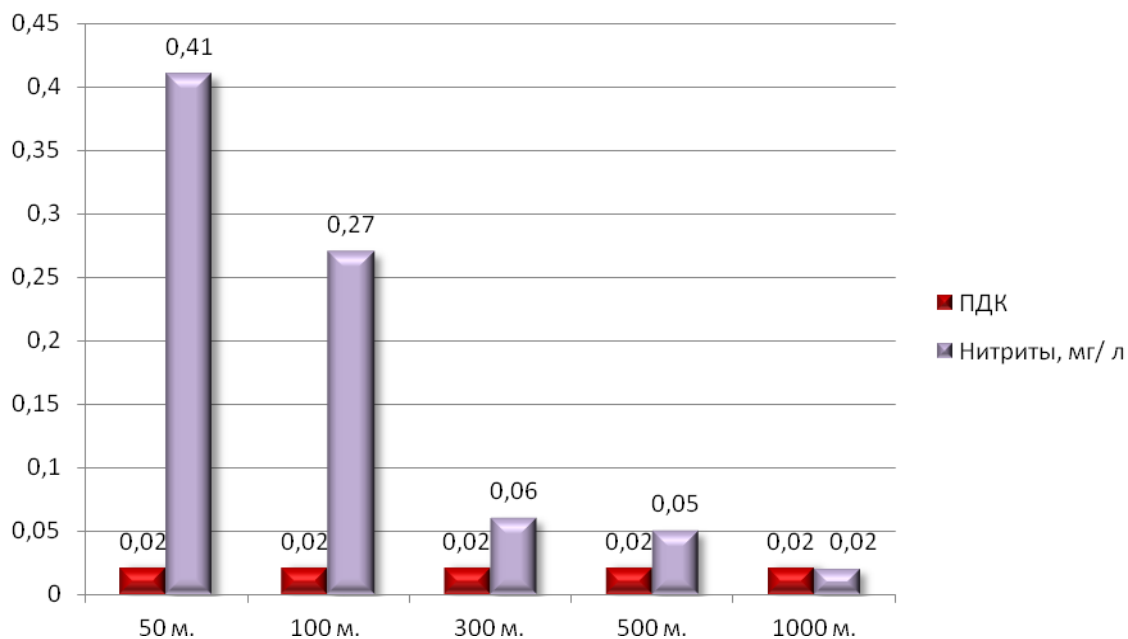


Рисунок 11- Сравнение показателей нитритов с ПДК

– показатели на фториды превышают ПДК во всех взятых пробах, самое большое превышение фторидов зафиксировано на расстоянии 300 м (угольный склад).

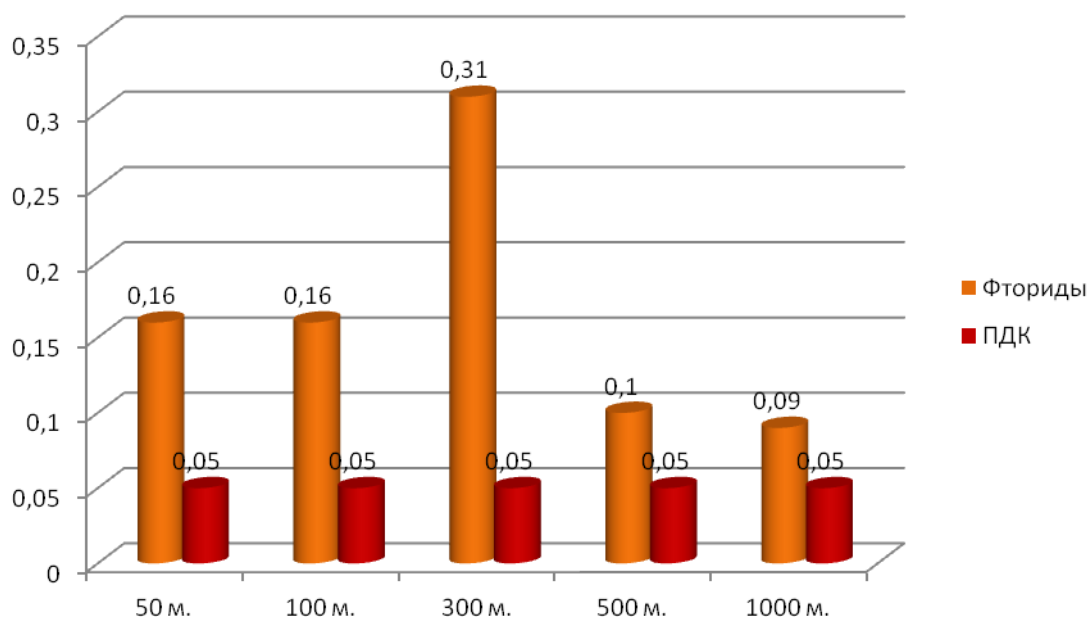


Рисунок 12- Сравнение показателей фторидов с ПДК

Вывод: Превышение фторидов в пробах примерно в 6 раз, аммония во трех пробах в 1,5 раза, нитритов в среднем в 5 раз, говорит о существенном влиянии угольного разреза на атмосферный воздух. Рекомендуем системно проводить экологический мониторинг, усилить экологический контроль, ведь от последствий загрязнения страдают жители ближайших районов.

Библиографический список

1. Исследование качества водных объектов и снежного покрова города Новокузнецка / Н. В. Шарипова, Я. А. Богданова // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2019 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. 4. Естественные и технические науки. – С. 356-362.

2. Исследование качества атмосферного воздуха в городе Новокузнецке по снежному покрову / Кузнецова Е.А., Горбунова А.Р., Павелко Т.С., Никитина Д.Ю. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2018. С. 346-350.

3. Исследование качества речной воды города Новокузнецка / Никитина А.М., Борzych Д.М., Риб С.В. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения, под общ. ред. М.В. Темлянцева, Новокузнецк. – 2016. с. 314–319.

4. Горная энциклопедия. Официальный сайт [Электронный ресурс] – Режим доступа URL <http://www.mining-enc.ru/> .

5. Исследование качества воды города Новокузнецка / Павелко Т.С., Кузнецова Е.А., Горбунова А.Р., Павлов Д.С. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспи-

рантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 : Естественные и технические науки.– С. 340-344.

6. Харионовский А.А., Данилова М.Ю. Охрана атмосферы на предприятиях угольной промышленности // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности . 2017. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ohrana-atmosfery-na-predpriyatiyah-ugolnoy-promyshlennosti>.

УДК 621.31: 658

АКТУАЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

Ковалев Д.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Громова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: k_ds@inbox.ru тел. 89069216384*

Рассмотрено понятие ценозависимого снижения потребления электроэнергии как комплекс мер по стимулированию предприятия снижать свое потребление в определенные часы в обмен на выплаты, что послужит сокращению нагрузки на системы электроснабжения в пиковые часы и приведет к экономии энергии и снижению ее стоимости. Введено понятие агрегаторов управления спросом на электроэнергию - профессиональных организаций, которые агрегируют технологические возможности потребителей по изменению баланса спроса и предложения и переводят их в товары и услуги на оптовом рынке.

Ключевые слова: электроэнергия, агрегатор нагрузки, оптовый рынок.

Главной целью любого предприятия является обеспечение эффективного и прибыльного производства. Оптимальное управление производством строится на достижении заданных социальных и экономических целей с максимальной при заданных условиях эффективностью. Для успешной работы предприятия необходимо не только наладить выпуск востребованной на рынке продукции, но и определить конкурентную цену на эту продукцию.

Получение прибыли и удержания конкурентных цен заставляют предприятия снижать свои затраты, входящие в себестоимость продукции. Снижение затрат на сырье, оплату труда, поиск более дешевых комплектующих и подрядчиков частично решают эту проблему. Нередко предприятия для повышения конкурентоспособности увеличивают объемы производства, тем самым снижая постоянные издержки в цене, и как следствие конечную цену, но сталкиваются с проблемой реализации увеличенного объема продукции.

Наиболее правильным решением будет снижение нормы расхода ре-

сурсов на единицу продукции. Например, расход электроэнергии предприятия в процессе производства является важнейшей составляющей в себестоимости. В зависимости от вида производства, доля затрат предприятия на электроэнергию при производстве может достигать до 50%. Поэтому, при таких нормах расхода снижение потребления электроэнергии является приоритетной задачей. Для предприятия снижение норм расхода обусловлено выходом на оптовый рынок электроэнергии, снижение потребления в часы пиковых нагрузок, а также в переводе работы энергоемких установок в ночные более дешевые часы.

С июля 2019 года на территории Российской Федерации появился новый инструмент - управление спросом на электрическую энергию. Внедрение этого механизма начинается с оптового рынка. При этом, у предприятия ресурс регулирования потребления электрической энергии, ограничивается технологическими процессами и финансовыми возможностями, сдерживающими доступные инструменты оптимизации затрат на электроэнергию.

Технология ценозависимого снижения потребления обеспечивает участие в управлении спросом на электрическую энергию предприятий – потребителей электрической энергии и создание специализированных организаций – агрегаторов нагрузки.

Агрегаторы нагрузки – это участники оптового рынка электроэнергии, которые объединяют предприятия, имеющие потенциал изменения электропотребления без ущерба для своей технологии и объемов производства, и управляют изменением нагрузки группы потребителей электрической энергии, чтобы продавать совокупность регулировочных способностей этих потребителей как единый объект в качестве товара/услуги на оптовом рынке и/или на рынке системных услуг. Агрегатор нагрузки заключает с потребителями розничного рынка договоры оказания услуг по изменению нагрузки их оборудования на заданную величину, и потребитель получает оплату услуг по изменению потребления от агрегатора.

При этом можно дополнительно уменьшать затраты на электропотребление, снижать себестоимость продукции, получая прямой дополнительный доход, повышать энергоэффективность предприятия без нарушения технологического процесса и не теряя в объемах производимой продукции.

Кроме того, механизм управления энергопотреблением, позволяет сбалансировать энергосистему России, стимулируя потребителей энергии изменять графики своей работы для сокращения потребления и выработки энергии в часы высоких цен на электроэнергию (пиковые часы), тем самым давая возможность не вводить дополнительную генерацию или электросети для покрытия пиковых нагрузок.

Пионерами внедрения подобной системы стали США, Бельгия, Австралия, затем их опыт быстро начали перенимать практически все европейские страны. Так, с 1985 по 1995 годы свыше 500 энергокомпаний в разных штатах Америки ввели в действие похожие системы, добив-

шись экономии 29 гигавагт пиковой нагрузки. При этом средние удельные расходы на получение такого результата колебались в пределах всего 2–3 центов за киловатт-час, что значительно ниже средней ставки тарифа.

Таиланд идёт впереди других стран Азии по налаживанию технологий управления спросом. С 1993 по 2000 год посредством их задействования тайские специалисты пришли к снижению пиковой нагрузки на 556 мегаватт, а выбросы углекислого газа уменьшились на 2,32 млн т в год.

В России технология Demand Response поначалу получила название ценозависимого снижения потребления. Её освоение было регламентировано постановлением правительства от 20 июля 2016 года «О внесении изменений в правила оптового рынка электрической энергии и мощности». Общесистемная польза от инновации складывается из таких слагаемых, как оптимизация загрузки генерации и повышение эффективности сетевых мощностей.

Библиографический список

1. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт: Справочник/ Ф.В.Антонов, Ш.Ш. Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей редакцией В.В. Дегтярева, В.И Серова. М.:Недра 1988.

2. Peak Load Management Alliance «Demand Response Acronyms & Glossary. Training Course Resource», 1st Edition (May 2017), https://www.peakload.org/assets/PLMADR%20_AcronymsGlossary_053117.pdf.

3. Хохлов А., Мельников Ю, Веселов Ф., Холкин Д., Дацко К., «Распределенная энергетика в России: потенциал развития», Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО, январь 2018, https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf.

УДК 621.31

КОРОННЫЙ РАЗРЯД

Сухоплюев А.С., Фесенко А.Е.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Громова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В статье описывается коронный разряд, как он появляется, какой вред наносит электрическим линиям и какими способами борются с таким явлением.

Ключевые слова: коронный разряд, расщепление, индуктивное сопротивление.

Коронный разряд — это самостоятельный газовый разряд, возникающий в резко неоднородных полях у электродов с большой кривизной по-

верхности (острия, тонкие провода). Когда напряжённость поля достигает пробивного значения для данного газа значение $E_{пр}$, вокруг электрода возникает свечение, имеющее вид короны. Значение $E_{пр}$ зависит от давления газа; для воздуха при атмосферном давлении оно составляет 3 МВ/м (30 кВ/см). С увеличением давления $E_{пр}$ возрастает. Согласно экспериментальному закону Пашена отношение пробивной напряженности поля к давлению приблизительно постоянно:

$$E_0 = 30,3 \cdot m \left(1 + 0, \frac{299}{\sqrt{r_0}} \right),$$

где m -коэффициент, учитывающий шероховатость поверхность поверхности провода (для многопроволочных проводов $m=0,82$);

r_0 - радиус провода, см.

Напряженность электрического поля около поверхности нерасщепленного провода определяется по выражению:

$$E = \frac{0,354 \cdot U}{r_0 \cdot \lg \frac{D_{ср}}{r_0}},$$

где U -линейное напряжение, кВ;

$D_{ср}$ -среднее геометрическое расстояние между проводами фаз.

При горизонтальном расположении фаз

$$D_{ср} = 1,26 \cdot D$$

где D -расстояние между соседними фазами, таблица 1.

Таблица 1 – Расстояние D между соседними проводами в зависимости от напряжений линий $U_{ном}$.

$U_{ном}$, кВ	До 1	6-10	20	35	110	150	220	330	500	750
D , м	0,5	1	1,5	3,5	5	6,5	8	11	14	19,5

Механизм коронного разряда

Произвольная молекула воздуха случайным образом ионизируется, в результате этого отделяется электрон, который ускоряется под воздействием электромагнитного поля возле острого края. И электрон набирает такое количество энергии, что при столкновении со следующей молекулой происходит ионизация новой молекулы (при этом так же отделяется электрон).

А это значит, что общее количество заряженных частиц, которые активно перемещаются в магнитном поле вокруг острия, растет лавинообразным образом.

Лавина электронная - неуклонно нарастающий процесс размножения электронов в результате ионизации атомов и молекул, как правило, элек-

тронным ударом; является главнейшим элементом электрического пробоя газов. В большинстве случаев лавина электронная развивается в электрическом или электромагнитном поле.

В случае того, если коронирующим электродом стал отрицательный электрод (катод), то корона становится отрицательной, а лавина электронов в таком случае станет перемещаться от острия в направлении к положительному электроду. Как только перемещающиеся электроны попадают в область, где напряженность электрического поля уже не позволяет поддерживать лавинообразную ионизацию, электроны начинают рекомбинировать с молекулами воздуха, при этом формируются отрицательные ионы, которые становятся носителями тока во внешней от короны области. Корона с отрицательным зарядом отличается равномерным свечением.

Если источником короны оказывается положительный электрод (анод), то лавина электронов перемещается к острию, а ионы наоборот стремятся наружу от острия. В результате этого процесса на определенном расстоянии от острия, где электромагнитное поле ослабевает, носителями заряда остаются лишь положительно заряженные ионы, устремляющиеся в сторону отрицательного электрода.

Особенности коронного разряда

Коронный разряд обычно возникает вместе с наименьшим радиусом кривизны. Если это линия, максимальная вероятность образования проявляется на механическом дефекте. Область наиболее частого возникновения заряда называется коронирующей, либо коронирующим электродом. Воздушная линия — под положительным или отрицательным потенциалом. Соответственно, различают и короны аналогичного рода.

Положительный и отрицательный разряд отличаются внешним видом. В первом случае свечение равномерное, во втором имеются эпицентры по поверхности провода. Механизм процесса меж электродами:

1. В начале возникает несамостоятельный разряд. Это происходит за счёт случайного действия: капли дождя, порыв ветра и пр.

2. Если разница потенциалов продолжит расти, образуется слабое свечение в районе провода, сопровождаемое еле слышным потрескиванием из-за не гладкости провода. Вызывающее напряжение называется критическим, либо начальным.

3. При дальнейшем росте разницы потенциалов (напряжение искрового пробоя) ток растёт по квадратичному закону, свечение становится сильнее. Начинают проскакивать искры со всевозрастающей частотой.

4. Тотальное увеличение разницы потенциалов вызывает дуговой разряд, проявляющийся как короткое замыкание цепи. Его горение сложно остановить.

Полезьа и вред от коронного разряда

В линиях $U=330-500$ кВ для уменьшения индуктивного сопротивления и потерь на корону применяется расщепление провода, т.е. подвеска 2-х и

более проводов в одной фазе линии.

Помимо потерь «корона» вызывает коррозию проводов, оказывает мешающее влияние на работу в 4 каналов связи, радио помех.

Проверки по условиям образования «короны» подлежат воздушные линии $U \geq 35$ кВ с учётом среднегодовых значений плотности и температуры воздуха, приведённого радиуса проводника, а также коэффициента не гладкости проводников.

Проверка по условиям образования короны не производится, если диаметр проводов равен или больше значений, приведённых в таблице 2.

Таблица 2- Значения диаметров проводов

Напряжение, кВ	110	150	220
Число проводов в фазе	1	1	1
Диаметр провода, мм	11,3	15,2	21,6
Марка провода	АС-70	АС-120	АС-240

Потери на корону не зависят от металла провода и поэтому могут приниматься одинаковыми для АС, С и СТ проводов.

Коронный разряд увеличивает потери электроэнергии в электросетях. Для того, чтобы избежать этого, фазу расщепляют на 2, 3 и тд. Это позволяет снизить локальную напряженность возле проводов и не допустить формирование коронного разряда в принципе. Напряженность электрического поля вокруг расщеплённых проводов определяется по формуле:

$$E = k \cdot \frac{0,354 \cdot U}{n \cdot r_0 \cdot \frac{\lg D_{cp}}{r_{эк}}},$$

где k -коэффициент, учитывающий число проводов в фазе;

n -число проводов в фазе;

$r_{эк}$ -эквивалентный радиус расщепленных проводов.

Человечество нашло применение коронному разряду, который приносит пользу.

1. Электрическая очистка газов (электрофильтры).
2. Счетчик элементарных частиц Гейгера – Мюллера
3. Коронный разряд применяется в копировальных аппаратах (ксероксах) и лазерных принтерах для заряда светочувствительного барабана, переноса порошка с барабана на бумагу и для снятия остаточного заряда с барабана.

Библиографический список

1. Верещагин И П Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. - (М.: Энергоатомиздат, 1985).
2. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. — 2-е изд. — М.: Наука, 1992. — 536 с.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ И ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАШИН

Попроцкий Ю.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: poprocky2010@yandex.ru*

Существует тенденция широкого применения на открытых горных работах гидравлических экскаваторов с рабочим оборудованием прямой и обратной мехлопаты. Сейчас порядка 85% экскаваторов с ковшом более 12 м³, которые производятся в мире, это гидравлические.

Ключевые слова: Открытые горные работы, вскрыша, экскаватор, гидравлические экскаваторы, УГЭ-300.

Иностранные компании уже давно создают и применяют гидравлические экскаваторы с ковшом вместимостью 0,9-40 м³, массой 40-800 т, усилием копания 200-2000 кН.

Сейчас порядка 85 % экскаваторов с ковшом более 12 м³, которые производятся в мире, - гидравлические, изображено на рисунке 1. Отечественные предприятия вынуждены покупать только зарубежную технику, так как не существовало отечественных экскаваторов.

Производство экскаваторов в мире

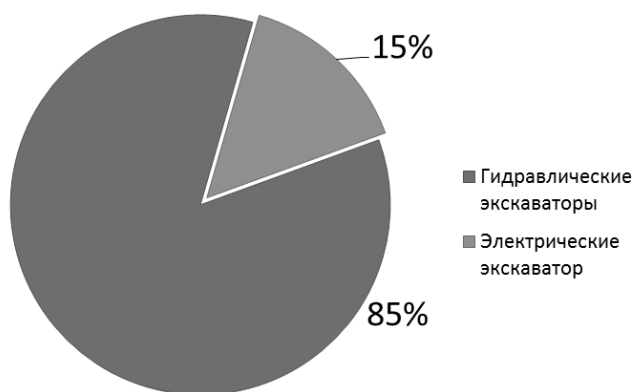


Рисунок 1 - Диаграмма отношения производства гидравлических экскаваторов и электрических

Но новый эргономичный экскаватор Уралмашзавода: Уральский Гидравлический Экскаватор – 300 (УГЭ-300). Разрабатывался и производился для замещения импортных машин. По государственной программе импорто-

замещения. Таких как KOMATSU CATERPILLAR LIEBHERR, HITACHI которые сейчас занимают 100 % от всего парка гидравлических экскаваторов угольных разрезов.

УГЭ-300 дешевле всех своих зарубежных конкурентов как сообщает завод изготовитель на 15%. Из-за внутреннего производства, что сокращает стоимость создания, исключения налогов на ввоз и таможенных пошлин как один из пунктов экономии.

Экскаватор состоит на 70 % из отечественных комплектующих, остальные 20% занимает немецкая гидравлика BOSCH Rexroth, американский двигатель Cummins. Уралмашзавод со своими партнерами активно занимаются изучением гидравлических систем, что бы в дальнейшем проектировать и устанавливать всю гидравлику отечественного производства.

Тенденция внедрения гидравлических экскаваторов на открытых горных работ объясняется наличием у этих экскаваторов конструктивных и технологических преимуществ по сравнению с мехлопатами.

Достоинства гидравлического экскаватора:

- высокие усилия по всей траектории черпания на уровне стояния экскаватора (большее (реализуемое на зубьях ковша) усилие копания);
- дополнительная степень свободы рабочего оборудования (одновременная подвижность стрелы, рукояти и ковша), обеспечивающая получение регулируемой траектории черпания;
- высокая маневренность и мобильность, работа в стесненных условиях;
- лучшую возможность селективной выемки пород.

Эти преимущества играют немаловажную роль в выборе именно гидравлического экскаватора.


Рассматривая экскаватор отечественного производства УГЭ-300, стоит отметить его положительные стороны в сравнение с зарубежными аналогами:

- стоимость на 15% меньше зарубежных аналогов
- низкое потребление топлива, за счет применения современных технологий;
- возможность подключения существующей, на предприятии системы диспетчеризации с установленной в экскаваторе, что позволит отслеживать характеристики работы машины в реальном времени
- возможность эксплуатации в крайне неблагоприятных условиях;
- удобство управления; комфортные условия работы персонала;
- сервисное обслуживание и быстрое решение нестандартных проблем;
- характерной конструктивной особенностью модели УГЭ-300 является идеальное распределение веса. Это снижает риск возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации и способствует повышению долговечности агрегата.

Технические характеристики рассматриваемой модели оборудования

представлены в таблице 1

Таблица 1 – Технические характеристики горного оборудования

Наименование показателя	Значение	Общий вид
Вместимость ковша, м ³	16,0	
Наибольшая высота подъема ковша, м	15,9	
Наибольший радиус копания на уровне стояния, м	14,0	
Наибольшая высота выгрузки, м	11,5	
Эксплуатационная масса, т	300	
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	1110 (1500)	
Максимальная скорость км/ч	2,7	

На рисунке 2 разработаны технологические схемы УГЭ-300, согласно нормам и правилам. [1]

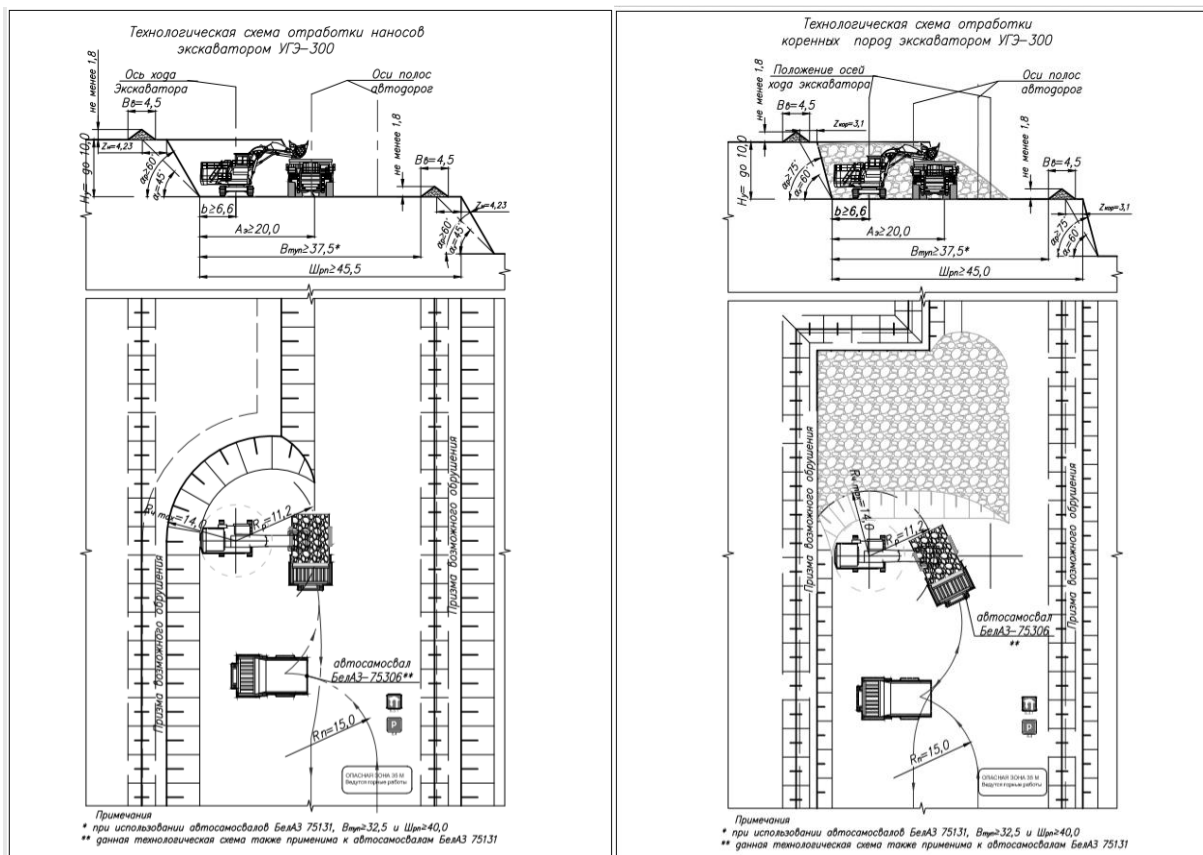


Рисунок 2 – Технологические схем отработки наносов и коренных пород с применением БВР экскаватором УГЭ-300

Паспортная производительность экскаватора (УГЭ-300) определяется только конструктивными параметрами машины:

$$Q_{\text{Эп}} = 3600 \cdot E / t_{\text{цп}} = 3600 \cdot 16 / 32 = 1800 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

Технической производительностью является наибольшая возможная часовая производительность экскаватора при непрерывной его работе в

усредненных горно – геологических условий для СФО [2]:

$$Q_{эч} = 3600 \cdot E \cdot K_{э} \cdot K_{з} / t_{ц} = 3600 \cdot 16 \cdot 0,9 \cdot 0,73 / 35,2 = 1075,1 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

где, E – вместимость ковша, м³;

t_{цп} – паспортная продолжительность цикла, сек;

K_з – коэффициент влияния параметров забоя;

K_э – коэффициент экскавации;

t_ц – время цикла экскаватора в конкретных горно-геологических условиях, сек;

$$t_{ц} = (1,1 - 1,2) \cdot t_{цп} = 1,1 \cdot 32 = 35,2 \text{ сек};$$

$$K_{э} = K_{н} / K_{рк} = 0,95 / 1,3 = 0,73.$$

где, K_н – коэффициент наполнения ковша (для наносов 0,95 – 1,1; для взорванных пород 0,7- 0,95);

K_{рк} – коэффициент разрыхления пород в ковше (для наносов 1,1 – 1,2; для взорванных пород 1,3 – 1,45).

Сменная эксплуатационная производительность характеризует объем работы, которой выполняет экскаватор за смену с учетом затрат времени на технические, технологические и организационные работы и перерывы:

$$Q_{э.см.} = Q_{эч.см.} \cdot T_{см} \cdot K_{и} = 1075,1 \cdot 12 \cdot 0,8 = 10320,9 \text{ м}^3 / \text{смен};$$

где, T_{см} – продолжительность смены, 12 часов

K_и – коэффициент использования экскаватора в течение смены, 0,8.

Суточная производительность экскаватора:

$$Q_{э.сут.} = n \text{ см.} \cdot Q_{э.см.} = 2 \cdot 10320,9 = 20641,8 \text{ м}^3 / \text{сут};$$

Месячная производительность экскаватора:

$$Q_{э.мес.} = n \text{ мес.} \cdot Q_{э.сут.} = 30 \cdot 20641,8 = 619254,0 \text{ м}^3 / \text{мес};$$

Годовая производительность экскаватора:

$$Q_{э.год.} = n \text{ год.} \cdot Q_{э.сут.} \cdot n_{э.} = 35,2 \cdot 20641,8 = 7286555,40 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Проанализировав существующую тенденцию применения гидравлических экскаваторов стоит отметить что спрос на данную технику высокий, и производство отечественных гидравлических экскаваторов играет большую роль в развитии горной промышленности. Сделав поверхностные расчеты можно убедиться, что отечественные гидравлические экскаваторы даже превосходят своих зарубежных конкурентов.

Библиографический список

1. Типовые схемы ведения горных работ на угольных разрезах. - М.: Недра, 1982. – 405с.
2. Выемочно-погрузочные работы и транспортирование горной массы

карьеро́в. Часть 2: Лабор. практикум. / Сост.: В.В. Чаплыгин; СибГИУ. – Новокузнецк, 2010. – 68с.

УДК 621.31

ПОСТОЯННЫЙ И ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК В НАШЕ ВРЕМЯ

Сухоплюев А.С., Фесенко А.Е.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Громова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В статье рассказывается и сравнивается постоянный и переменный ток, его польза вред и какой лучше применять в наше время.

Ключевые слова: генерация, ток, выработка электроэнергии.

Генерация энергии

По данным министерства энергетики выработка электроэнергии в РФ в 2019 году выросла на 0,5% год к году - до 1096 млрд кВт ч. При этом потребление электроэнергии в отчетном периоде сохранилось на прежнем уровне - 1074,8 млрд кВт ч.

Значительный рост выработки электроэнергии зафиксирован на солнечных и ветряных электростанциях. Так, в 2019 г. на этой категории электростанций произведено 1,6 млрд кВт ч электроэнергии, что на 58,6% больше, чем годом ранее. В декабре этот показатель возрос на 75% год к году и составил 0,1 млрд кВт ч.

Выработка энергии в 2018 году составило 1091,7 млрд кВт·ч:

- ТЭС — 57,7%;
- ГЭС — 17,7%;
- АЭС — 18,7%;
- электростанции промышленных предприятий — 5,6 %.
- СЭС — 0,07%.
- ВЭС — 0,01%.

Электрический ток имеет различный применяемый характер: постоянный, переменный, выпрямительный.

Постоянный проходит по электрической цепи все время в одном направлении и не изменяется во времени.

Переменный – непрерывно изменяется по величине и направлению. Причём эти изменения происходят периодически.

Постоянный ток

При постоянном токе его сила, свойства и направление не меняется даже со временем. Постоянный ток используют в технике: подавляющее большинство электронных схем в качестве питания используют постоянный

ток. Источниками постоянного тока служат: гальванический элемент, аккумулятор, электромашинный генератор, выпрямитель, сглаживающий фильтр, стабилизатор напряжения. К основным законам постоянного тока относят:

- закон Ома: сила тока I для участка цепи прямо пропорциональна приложенному напряжению U к участку цепи и обратно пропорциональна сопротивлению R проводника этого участка цепи: $I = \frac{U}{R}$.

- закон Джоуля — Ленца, определяющий количество тепла, выделяемого током в проводнике: $Q = I^2 \cdot R t$.

- Расчёт разветвленных цепей постоянного тока производится с помощью правила Кирхгофа. Алгебраическая сумма сил токов для каждого узла в разветвленной цепи равна нулю: $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$.

Переменный ток

Переменный ток – это электрический ток, который периодически изменяется по модулю и направлению. Он то возрастает, достигая максимума - амплитудного значения, то спадает, на какой-то момент становится равным нулю, потом вновь возрастает, но уже в другом направлении и также достигает максимального значения, спадает, чтобы затем вновь пройти через ноль, после чего цикл всех изменений возобновляется. Время, за которое проходит цикл, называется периодом переменного тока. Количество периодов за определенное время – частота, которая измеряется в герцах. Переменный ток получается за счет вращения рамки в магнитном поле, а с обмоток статора снимается переменное напряжение.

Потребители постоянного тока

Долгое время в СССР, как и в США применялось напряжение 127 В. В середине 60-х годов сеть стала не справляться с потреблением энергии. У страны стал выбор между увеличением сечения проводов или поднять напряжение до 220В. Экономически выгоднее стало использовать более высокое напряжение. Последующая глобальная электрификация страны привела к тому, что стандарт 220 В 50 Гц для быта и для промышленности 380 В 50 Гц стал распространен не только в современной России, но и во всех странах постсоветского пространства.

Постоянный ток широко используется в общественном транспорте (троллейбус, метро и тд.), приходящий с электростанций переменный ток при помощи выпрямителей преобразуется в постоянный, а затем подается в контактную сеть - в провода и рельсы.

Постоянный ток применяется в промышленности: подъемные краны, мостовые краны, кран-балка опорный, кран козловой; шагающих экскаваторов ЭШ-14/40; на самолетах для поворотов рулей, элеронов и закрылков, для подъема и опускания шасси и других механизмов; электролиз воды (удаляет цветность, сероводород, аммоний); сварочные аппараты;

Постоянный ток, так же нашел широкое применение в быту. К примеру, большинство приборов, которыми человек пользуется каждый день, та-

ких как модем или зарядное устройство для мобильного, работают на постоянном токе. Генератор автомобиля, вырабатывает и преобразует постоянный ток, для зарядки аккумулятора. Любое портативное устройство питается от источника постоянного тока.

Заключение.

С каждым годом использование постоянного тока становится больше, не только в быту, но и в промышленности. В связи с этим предлагается установить врезки.

Библиографический список

1. В. Е. Китаев, Л. С. Шляпинтох. Электротехника с основами промышленной электроники. — 3-е, — М.: Высшая школа, 1973. — 358 с.
2. Белькинд Л. Д. и др. История энергетической техники. М.-Л.: Госэнергоиздат. 1960.

УДК 621.31

АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Зайцев П.К., Курдюков М.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Громова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: 89511765386@Yandex.ru*

Предложена модернизация электропривода экскаваторов и показана ее реализация на примере экскаватора ЭКГ-15. Экономический эффект от модернизации обеспечивается энергосбережением и повышением производительности за счет уменьшения износа механического оборудования и соответствующего увеличения межремонтных сроков.

Ключевые слова: экскаватор, электропривод, частотный преобразователь.

Управление энергопотреблением является важнейшим показателем эффективности работы горных предприятий, в частности угольных разрезов. Основным звеном в этом процессе является горная машина, характеристики которой заложены при проектировании и должны поддерживаться при эксплуатации.

Экскаваторы прошлого столетия были оснащены приводами главного движения по традиционной схеме генератор – двигатель постоянного тока (Г-Д). Таким приводам присущи серьезные недостатки, влияющие на производительность экскаваторов. Двойное преобразование энергии является причиной низкого КПД системы приводов, а электрические машины со сколь-

зящими контактами требуют постоянного обслуживания и имеют низкую надежность.

Для регулирования скорости вращения и момента асинхронного двигателя можно использовать частотный преобразователь. Принцип действия частотного преобразователя основан на изменении частоты и напряжения переменного тока.

Использование частотного преобразователя позволяет:

- 1) уменьшить энергопотребление электродвигателя,
- 2) управлять скоростью вращения электродвигателя (плавный запуск и остановка, регулировка скорости во время работы),
- 3) избежать перегрузок электродвигателя и тем самым увеличить его срок службы.

Частотные преобразователи бывают двух видов:

1. С непосредственной связью

Преобразователи с непосредственной связью имеют КПД до 98%, и способны работать со значительными напряжениями и токами.

Частотные преобразователи с прямой гальванической связью появились на рынке первыми, их силовая часть – это управляемый тиристорный выпрямитель, в котором поочередно открываются определенные группы запираемых тиристоров, и по очереди подключают к сети обмотки статора. То есть в итоге напряжение, подаваемое на статор, по форме представляет собой кусочки сетевой синусоиды, которые и подаются поочередно на обмотки.

Синусоидальное напряжение превращается на выходе в пилообразное. Частота получается ниже сетевой – от 0,5 до примерно 40 Гц. Очевидно, области применения преобразователей такого типа получается ограниченной. Тиристоры же не запираемые требуют более сложных схем управления, что повышает стоимость данных приборов.

2. С выраженным звеном постоянного тока

Для современных приводов, с целью частотного регулирования, более широко применяются частотные преобразователи с выраженным блоком постоянного тока. Здесь преобразование выполняется в два шага. Сначала входное сетевое напряжение выпрямляется и фильтруется, сглаживается, затем подается на инвертор, где преобразуется в переменный ток требуемой частоты и напряжение необходимой амплитуды.

Силовые преобразователи частоты, как правило, реализуют по схеме, содержащей выпрямитель на мощных силовых диодах или транзисторах и инвертор (управляемый коммутатор) на IGBT транзисторах, шунтированных диодами (рисунок 1).

Входной каскад выпрямляет подаваемое синусоидальное напряжение сети, которое после сглаживания с помощью индуктивно-емкостного фильтра служит источником электропитания управляемого инвертора, вырабатывающего при действии команд цифрового управления сигнал с импульсной модуляцией, который формирует в обмотках статора токи синусоидальной

формы с параметрами, обеспечивающими требуемый режим работы электродвигателя.

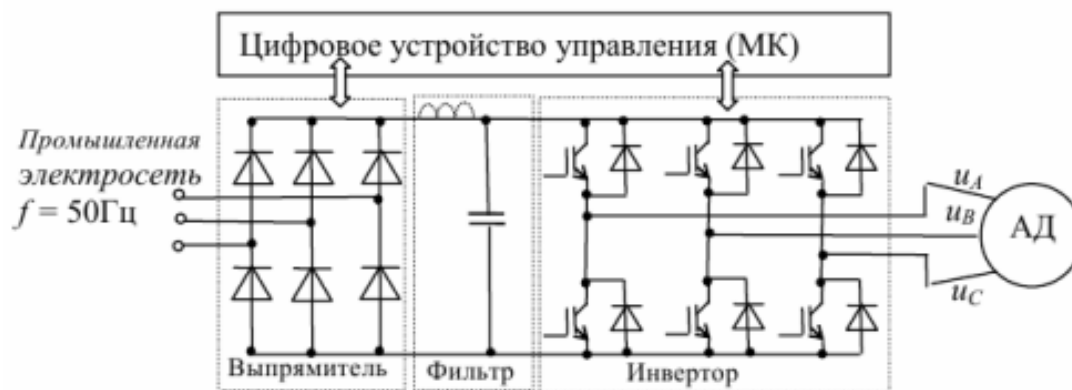


Рисунок 1 – Схема частотного преобразователя

При выборе мощности частотного преобразователя необходимо основываться не только на мощности электродвигателя, но и на номинальных токах и напряжениях преобразователя и двигателя. Дело в том, что указанная мощность частотного преобразователя относится только к эксплуатации его со стандартным 4-х полюсным асинхронным электродвигателем в стандартном применении.

Реальные приводы имеют много аспектов, которые могут привести к росту токовой нагрузке привода, например, при пуске. Применение частотного привода позволяет снизить токовые и механические нагрузки за счет плавного пуска.

Частотный преобразователь способствует экономии электроэнергии, за счет роста $\cos\varphi$ до значений 0.98 на всех режимах работы двигателя. Без частотного преобразователя асинхронные двигатели на малых нагрузках имеют $\cos\varphi$ равным 0.3-0.4.

Кроме повышения КПД и энергосбережения такой электропривод позволяет получить новые качества управления. Это выражается в отказе от дополнительных механических устройств, создающих потери и снижающих надежность систем: тормозов, заслонок, дросселей, задвижек, регулирующих клапанов.

Библиографический список

1. Дегтярева В.В. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных разрезов и обогатительных фабрик. – М. : Недра, 1988.
2. Чеботаев Н.И. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ : учебник для вузов / Н.И. Чеботаев М. : Горная книга, 2006. - 474 с.
3. Справочник. Открытые горные работы / К.Н.Трубецкой, М.Г. Пота-

пов, К.Е.Виницкий и др. - М.: Горное бюро, 1994.- 590 с.

4. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом. Москва. Гос. унитарное предприятие «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России» 2002. – 112с.

5. Технический проект разработки Талдинского каменноугольного месторождения в границах лицензии на право пользования недрами КЕМ 11672 ТЭ ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез». Дополнение №2. Кемерово, 2018.

УДК 336.747.5:004

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КУЗБАССЕ

Стеблюк П.В., Усов С.С.

Научный руководитель: канд. экон. наук, доцент Ковалева Е.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: 384209.00@mail.ru*

В данной статье рассматриваются перспективы и проблемы торговли углем в Кузбассе. Приведены статистические показатели, выявлены некоторые аспекты особенности торговли углем в регионе, приведены положительные и отрицательные стороны развития угольной промышленности в Кузбассе.

Ключевые слова: уголь, Кузбасс, ресурсы, запасы, инвестиции, рынок.

Уголь – один из важнейших топливно-энергетических ресурсов. К середине 20 века его доля в структуре мирового энергопотребления снизилась за счет увеличения использования нефти и газа. Однако, несмотря на прогнозируемое снижение потребления угля во второй половине 21 века, использование твердого топлива в результате его вытеснения альтернативными видами, доля угля в структуре первичных поставок энергии не только не сократилась, а, напротив, выросла, и в настоящее время составляет 26,5%.

Россия – один из важнейших игроков на рынке угля. В недрах России сосредоточена треть мировых ресурсов и пятая часть разведанных запасов угля. Россия находится на втором месте в мире по показателю запасов угля – 18,5. В отличие от других видов энергоносителей, уголь широко распространен в Сибири, в том числе более 70% в Кузнецком, Канско-Ачинском и Тунгусском угольных бассейнах.

Россия может разрабатывать огромные и доступные запасы угля, освоение которых при использовании современных технологий практически не имеет ограничений. При этом в России добывается качественный, в том числе и по экологическим характеристикам, энергетический уголь. У кузбасско-

го и канско-ачинского угля одни из лучших в мире характеристик, в том числе по содержанию золы и серы.

Большая часть добываемого угля приходится на энергетический уголь, около 260 млн тонн в год. Более 53% угля добывается компаниями СУЭК и «Кузбассразрезуголь» (именно они определяют цены на энергетический уголь на период до трех лет).

В настоящее время в Кузбассе действует 116 угледобывающих предприятий. За период до 2025 г. планируется ввести в эксплуатацию 22 новых угледобывающих предприятия и 16 обогатительных фабрик. За последние 10 лет в Кузбассе неуклонно растут показатели добычи угля: в соответствии со стратегией развития, к 2025 г. Кузбасс будет добывать 270 млн. тонн угля, из которого на экспорт будет выделяться 120 млн. тонн.

Кузбасс уже в течение многих лет дает стабильный доход в казну государства. Кроме того, примерно 40% угля, добываемого на Кузбассе, идет на экспорт, в основном для европейских потребителей.

Кроме того, разведанные запасы угля в Кузбассе, трудовые ресурсы Кемеровской области позволяют утверждать, что текущие уровни добычи угля для бассейна - далеко не предел. Некоторые аналитики подчеркивают, что при наличии соответствующих инвестиций, добычу угля на Кузбассе можно увеличить за десятилетие минимум вдвое, причем дополнительные объемы найдут своего потребителя, хотя бы из-за высокого качества угля. При том добывать уголь в Кузнецком бассейне можно тремя способами: подземным, гидравлическим и открытым, также на территории бассейна добываются угли разного качества.

Увеличение добычи угля открытым способом станет сильным толчком для развития региона и транспортной сети. Уже в 2030 году доля Кемеровской области в добыче угля должна составить 51% от общей по стране.

Также предполагается создание в Кемеровской области качественно новой инновационной технологической платформы угольной промышленности с организацией производства из угля и угольных отходов высокомаржинальной, конкурентоспособной на внутреннем и внешнем рынках продукции топливного и нетопливного назначения. Совокупный объем инвестиций в проект оценивается в 70 млрд. руб. Обязательными условиями реализации проекта служат опережающий рост инвестиций, ускоренное обновление основных производственных фондов при активном внедрении полномасштабных инноваций в сфере угледобычи и углепереработки (вплоть до становления подотрасли углехимии). Такой вариант развития кузбасской угольной отрасли основан на применении полного спектра доступных на текущий момент технологий переработки угля: адаптивных, диверсификационных и трансформирующих. Последние обеспечивают переработку угля и угольных отходов в продукцию нетопливного назначения (адсорбенты, гуминовые удобрения, горный воск, углещелочные реагенты, микросферы и др.), которая пользуется спросом со стороны разных отраслей промышленности. По

оценкам специалистов, глубокая переработка угля и техногенных отходов позволяет в целом получать около 130 видов химических полупродуктов и 5000 видов продукции смежных подотраслей. Это делает уголь одним из универсальных видов сырья для промышленности. Оптимистический сценарий инновационного будущего угольной отрасли региона предусматривает монетизацию угля через максимально полное освоение богатого ресурсного потенциала твердого топлива в сочетании с промышленным извлечением и использованием шахтного метана.

К основной проблеме Кузнецкого угольного бассейна относят неудачное месторасположение. Дело в том, что территория находится вдали от основных районов, которые могли бы стать потенциальными потребителями, поэтому считается невыгодной. В результате этого возникают сложности в транспортировке полезных ископаемых, так как железнодорожные сети в данном регионе развиты плохо. Основная сложность перевозок кузнецкого угля заключается в ультраконтинентальном положении Кузбасса: находится практически в центре Евразии, в то время как основные потребители расположены в зарубежной Европе и Восточной Азии. Это определяет большие расстояния до портов и границ. Транспортировка угля из Кузнецкого бассейна сегодня осуществляется практически полностью по железным дорогам. Но сухопутные перевозки намного дороже перевозок морскими путями. Как следствие, имеют место быть значительные транспортные расходы, что приводит к снижению конкурентоспособности угля, а также перспектив развития бассейна в будущем. В мире уже в течении довольно значительного периода приняты меры так называемой глубокой переработки добываемого сырья. Имеется ввиду, например, добыча сопутствующих газов, которые в России в большинстве своем просто сжигались.

Одной из ключевых проблем является экологическая ситуация региона. Так как интенсивность хозяйственного освоения высокая, вблизи населенных пунктов функционирует большое количество предприятий, добывающих и перерабатывающих уголь. В данных регионах экологическое состояние характеризуется как кризисное и даже катастрофическое. Особенно подвержены негативному влиянию города Междуреченск, Новокузнецк, Калтан, Осинники и другие. В результате негативного воздействия происходит разрушение массивных горных пород, изменяются режимы подземных вод, атмосфера подвергается химическому загрязнению.

Технологичность, а значит рентабельность производства на Кузбассе также оставляет желать лучшего. Кроме того, на Кузбассе ежегодно скапливается до 4 млн. тонн углей низкого качества, стоимость транспортировки которых приближается к себестоимости добычи. Проблема их использования в настоящее время стоит очень остро и во многом определяет, например, инвестиционную привлекательность региона.

Особенно актуально это стало в последние годы - рост запасов обусловлен снижением спроса и цен, а сокращение добычи - не выход для про-

изводителей. Необходимы новые технологии и приоритеты. Важнейшим инновационным направлением становится глубокая переработка угля, развитие углехимии, производство новых продуктов, конкурентоспособных на мировом рынке. Компании, ведущие добычу на Кузбассе, в последние годы активно сотрудничают с коллегами из Китая, США и Австралии, внедряя новые технологии добычи.

В то же время стоит отметить, что эти процессы еще только начинаются. А значит, реальные результаты дадут еще не скоро.

Библиографический список

1. Угольная промышленность Кузбасса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kazedu.kz/referat/141768>.
2. Проблемы и перспективы экспорта российского угля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-perspektivy-eksporta-rossiyskogo-uglya>.
3. Перспективы развития угольной отрасли Кузбасса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-ugolnoy-otrasli-kuzbassa>.
4. Конкурентное позиционирование Кузбасса и сценарии инновационного развития угольной отрасли. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentnoe-pozitsionirovanie-kuzbassa-i-stsenarii-innovatsionnogo-razvitiya-ugolnoy-otrasli>.
5. Кузбасс в мировой угольной промышленности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://geolike.ru/page/gl_6562.htm.
6. Кузнецкий угольный бассейн. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecportal.info/kuzneckij-ugolnyj-bassejn/>.
7. Конкурентоспособность угольной промышленности Кузбасса в мире. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://referat.bookap.info/work/292593/Konkurentnospobosnost-ugolnoj-promyshlennosti-Kuzbassa>.

УДК 622.3:[621.314.26:62-83]

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОЧИСТНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «БОЛЬШЕВИК»

Измалков В.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук Пугачёва Э.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Рассматривается вариант модернизации действующего механизированного очистного комплекса на базе оборудования, производимого отечественными компаниями.

Ключевые слова: механизированный очистной комплекс, комбайн, конвейер, механизированная крепь, дробилка, перегружатель.

Комплексная механизация очистных и подготовительных работ является одним из важнейших направлений технического прогресса горнодобывающей отрасли. Проблема комплексной механизации остро стоит перед угольной промышленностью из-за сложных условий труда рабочих и эксплуатации горного оборудования. Поэтому особенно актуальной представляется задача внедрения высокопроизводительного современного очистного оборудования, основными достоинствами которого являются эффективность и гибкость практически при любой системе разработки.

В современных условиях очистные механизированные комплексы используются с недостаточной эффективностью в силу разных причин, и прежде всего из-за отсутствия своевременной замены устаревшего оборудования на современное, более эффективное.

Замена устаревшего оборудования на более современное позволяет решить следующие задачи:

- увеличить установленную мощность комплекса, скорость и усилия подачи комбайна, распорные усилия секций крепи, производительность конвейера и перегружателя;
- совершенствовать кинематические связи структурных элементов комплекса, технологичность и надежность машин и оборудования;
- достигнуть высокой устойчивости работы комплексов в рациональных режимах и сокращение времени вспомогательных операций за счёт современных программируемых систем диагностики технического состояния машин и режимов работы систем автоматизированного управления.

В качестве объекта модернизации оборудования очистного комплекса выбран один из очистных участков шахты Большевик.

На сегодняшний день шахта Большевик отрабатывает пласт, имеющий угол падения от 0 до 35°, что затрудняет его отработку. Отработка запасов лавы происходит с помощью механизированного комплекса МКЮ-4У. В комплекте с механизированным комплексом МКЮ-4У установлен очистной комбайн К500Ю и забойный скребковый конвейер КСЮ-381. Крепь МКЮ-4У 18/38 является крепью поддерживающе-оградительного типа.

Механизированный очистной комплекс МКЮ.4У не удовлетворяет требованиям должного ведения очистных работ. Минус данного оборудования состоит в том, что оно устарело, а в условиях рыночной экономики использование устаревшего оборудования, несмотря на его относительно низкую первоначальную стоимость, экономически нецелесообразно. На каждую тонну добытого угля требуется в 2,0-2,5 раза больше расхода эксплуатационных средств, к тому же не обеспечивается требуемый уровень безопасности обслуживающего персонала.

Поэтому насущной необходимостью является улучшение эксплуатаци-

онных характеристик механизированного очистного комплекса путем его модернизации.

В настоящее время основными производителями горно-шахтного оборудования (ГШО), применяемого на шахтах Российской Федерации, и возможными поставщиками этой техники являются следующие отечественные и зарубежные разработчики: Caterpillar (США); JOY Globa (США); Eickhoff (Германия); "УгольМашГрупп" (Китай); FAMUR(Польша); «Юргинский машзавод» (Россия); « Анжеромаш» (Россия); «Объединённые машиностроительные технологии (ОМТ)» (Россия).

Учитывая государственную программу импортозамещения, при выборе оборудования предпочтение отдается отечественным производителям ГШО. В результате анализа рынка российских производителей оборудования исходя из предполагаемых условий эксплуатации очистного комплекса приоритеты в выборе отданы компаниям «Анжеромаш» и «ОМТ».

ООО «ОМТ» создает и поставляет оборудование, предназначенное для выемки и транспортировки угля, поддержания и управления кровлей. Производит штрековые и магистральные ленточные конвейеры для работы в подземных условиях и на поверхности, комплексы погрузки угля и другие средства механизации. В изготовлении оборудования принимают участие ряд российских предприятий, а также зарубежные партнеры в Германии, Швеции, Польше и др. Все комплектующие узлы и детали поступают в г. Киселевск, где на заводе ГШО "ОМТ" осуществляется сборка комбайнов и механизированной крепи, проводится комплекс стендовых испытаний узлов и машин в целом.

ОАО «Анжеромаш» производит скребковые и ленточные конвейеры, дробилки, скребковые перегружатели, буровые станки.

Для выбора конкретных типов перечисленного оборудования комплекса были проанализированы предполагаемые условия его эксплуатации.

В состав механизированного комплекса входит основное и вспомогательное оборудование. Основное оборудование: механизированная крепь, очистной комбайн, лавный конвейер. Вспомогательное оборудование: дробилка, перегружатель.

Из широкого спектра оборудования, производимого ООО «ОМТ», исходя из условий эксплуатации, а также соотношения «цена-качество» выбраны крепь механизированная типа ОМТ174 и комбайн К-800/3300ОМТ.



Рисунок 1 – Крепь ОМТ174

Крепи механизированные типа ОМТ174 предназначены для работы с узкозахватными комбайнами и передвижными конвейерами на пластах мощностью 1,6...6,0 м с углами наклона до 30 при выемке по простиранию и до 10 по падению и восстанию с кровлями средними по проявлению горного давления. Крепь состоит из двухстоечных секций с четырехзвенной системой связи основания с ограждением и перекрытием с шарнирным козырьком с выдвигной консолью. На пластах мощностью более 2,5 м секции оснащаются механизмом удержания груди забоя.

Согласно расчётам, принимается к установке 131 секция.

Для выбранного типа крепи необходима проверка её возможности обеспечить необходимое по условиям проветривания проходное сечение рабочего пространства лавы. Расчёт допустимой скорости воздушной струи для проходного сечения рабочего пространства лавы показал, что фактического сечения недостаточно для выполнения требуемых условий проветривания. Поэтому при установке выбранного типа крепи для соблюдения необходимых условий проветривания потребуется проводить дополнительные мероприятия по повышению эффективности проветривания очистного забоя, дегазацию, бурение скважин, а в дальнейшем потребуется увеличить сечение пространства лавы.

В технической характеристике любого механизированного комплекса указывается один-два типа комбайнов, которые могут работать с данной крепью. Поэтому задача выбора типа комбайна сводится к анализу соответствия конструкции и параметров этих комбайнов условиям применения их в данном пласте.

В комплекте с механизированной крепью ОМТ174 предлагается установить очистной комбайн К-800/3300ОМТ и лавный скребковый конвейер «Анжера-42».

Комбайн очистной К-800/3300ОМТ предназначен для отработки угольных пластов мощностью 1,8..4,5 м с углами наклона до 35° по простиранию и до 10 по восстанию и падению, с сопротивляемостью угля резанию до 420 кН/м, опасных по пыли и газу. Комбайн оснащен механизмом подачи с частотно-регулируемым электроприводом. Напряжение питания 3300 В позволяет повысить надежность работы коммутационного электрооборудования за счет снижения токовых нагрузок и применить один питающий кабель.



Рисунок 2 – Комбайн К-800/3300ОМТ

Комбайн имеет блочную конструкцию основных узлов, местное и дистанционное управление по радиоканалу, аппаратуру управления, обеспечивающую: контроль питающего напряжения и правильность чередования фаз; диагностику механизмов и режимов работы комбайна; хронологическую информацию (по кодовому запросу) о режимах работы; фиксирование аварийных режимов в блоке «Черный ящик».

Конвейеры серии «Анжера» предназначены для транспортирования угля и горной массы в составе очистных механизированных комплексов отечественных и зарубежных производителей. Состоит из разгрузочного привода, обратного привода, рештачного става, скребковой цепи, навесного оборудования и имеет массу достоинств. Производительность до 4000 тонн в час, тип редуктора РПК – 160, мощность редуктора 800 кВт, скорость движения 1,52 м/с.



Рисунок 3 – Скребковый конвейер «Анжера-42»

Проверка лавного конвейера по производительности и по допустимой длине для предполагаемых условий эксплуатации показала, что тип конвейера выбран правильно.

В качестве вспомогательного оборудования выбраны дробилка ДУ910 со скребковым перегружателем ПСП308 производства ОАО «Анжеромаш».

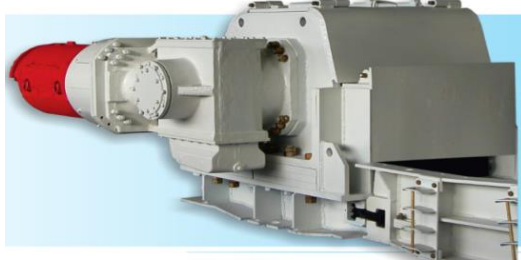


Рисунок 4 – Дробилка ДУ910 и перегружатель ПСП308

Расчеты показали, что в результате применения выбранного очистного комплекса возрастает нагрузка на очистной забой, а следовательно, за счет сокращения времени на цикл, возрастает суточная добыча угля в лаве.

С внедрением выбранного оборудования производительность очистного забоя может увеличиться в 2,5 – 3 раза, за счет чего вырастет годовая добыча угля. С данным оборудованием можно добывать от 2,5 млн. тонн угля в год и более по сравнению с комплексом МКЮ – 4у, который совместно с

проходческими работами добывает около 1,5 млн. тонн в год.

В качестве показателя экономического эффекта от внедрения новой техники принято также снижение себестоимости угля за счет снижения затрат на сервисное обслуживание оборудования. В настоящее время на каждую тонну добытого угля требуется в 2,0-2,5 раза больше расхода эксплуатационных средств, чем при использовании нового комплекса.

Помимо сказанного, новое оборудование за счет новизны и современных систем автоматики обеспечивает требуемый уровень безопасности обслуживающего персонала при ведении добычных работ.

Таким образом, выбранное оборудование является вариантом решения актуальной производственной задачи – модернизации устаревшего механизированного очистного комплекса.

Библиографический список

1. А.В. Ремезов Исследование влияния параметров очистных забоев и применяемого оборудования на производительность очистных забоев / А.В. Ремезов, Р.Р. Зайнулин // www.nc-vostnii.ru - 4-2017 - Вестник НЦ ВостНИИ. |

2. А.В. Ремезов Рациональный подход к комплектации оборудованием высокопроизводительных забоев / А.В. Ремезов, В.Г. Харитонов, В.П. Зубарев // Вестник КузГТУ. – 2004. - № 1. - С. 18–21.

3. А.В. Ремезов Влияние увеличения длины очистных забоев и замены очистного оборудования на более производительное на увеличение нагрузки на очистной забой / А.В. Ремезов, В.Г. Климов, Д.В. Панфилова // Уголь. - 2007. - № 9. - С. 6–9.

4. Рыжков Ю.А. Сравнительная оценка горно-геологических условий разработки, техники и технологии при подземном способе добычи угля в России и за рубежом/ Ю.А. Рыжков, Е. В. Игнатов // Вестник КузГТУ. - 2006.- №1. - С.67-74.

5. Электронный ресурс.- Ржим доступа: <http://library.stroit.ru/articles/mechcomp/index.html>.

УДК 621.832

ЛОКАЦИЯ ОЧАГОВ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ РАДОНА

Гринин Д.А., Лобанова О.О.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: grinin90@mail.ru*

В данной статье рассмотрена методика обнаружения локаций очагов самовозгорания угля по аномальным выделениям радона.

Ключевые слова: радон, камера, съемка, эндогенный пожар, угольная шахта.

Применение эффективных методов обнаружения, локации очагов самовозгорания в выработанном пространстве и контроля за их состоянием является необходимым условием снижения экономического ущерба от эндогенных пожаров и повышения безопасности горных работ.

Эффективность борьбы с эндогенными пожарами, возникающими в выработанном пространстве угольных шахт, в значительной степени зависит от своевременности обнаружения и полноты информации о процессе самовозгорания угля [1, 2]. Регистрация ранней стадии самовозгорания, сведения о местонахождении очага, его состоянии и тенденции поведения позволят также повысить безопасность шахтеров и горноспасателей, участвующих в ликвидации аварийной ситуации. Между тем существующая система контроля на угольных шахтах, ограничивающаяся газовым анализом рудничной атмосферы в действующих выработках и пробуренных в выработанное пространство скважинах, зачастую оказывается малоэффективной при обнаружении самовозгорания и практически не дает информации о местонахождении очага пожара. Особенно часто самые современные системы шахтного контроля не срабатывают при нагнетательном способе проветривания, приводящем к выносу пожарных газов на дневную поверхность минуя точки контроля [3].

Для выявления аномальных зон по радону используют датчики, способные регистрировать выделяемый радон или накапливать его для последующего замера. Практика показала, что наиболее эффективно для поиска аномальных выделений радона с поверхности применение диффузионных сборников с активированным углем, способным адсорбировать радон.

Обнаружение и локация очагов самовозгорания по аномальным выделениям радона на земную поверхность проводится в два этапа. На первом этапе устанавливают и экспонируют на земной поверхности диффузионные сборники. На втором этапе осуществляют измерение активности адсорбированного радона по гамма- или бета-излучению коротко живущих продуктов распада радона.

Устанавливаемый на исследуемую земную поверхность диффузионный сборник (рисунок 1) имеет следующие параметры: площадь сбора равна 32 м²; высота слоя угля не превышает 0,4 см; полная масса сборника не более 0,12 кг; применяемый активированный уголь имеет марку СКТ-3С.

Перед замерами предварительно регенерированный активированный уголь засыпается в адсорберы из расчета два адсорбера на один диффузионный сборник и плотно закрывается крышками. Для регенерации угля также используется метод термической десорбции при температуре около 160°С и времени десорбции 1 час. По окончании десорбции регенерированный уголь следует пересыпать в герметичный термостойкий сосуд емкостью не более

одного литра для остывания и хранения.

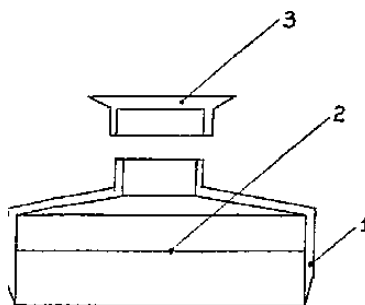


Рисунок 1 - Схема диффузионного сборника:

1 - корпус; 2 - сетка; 3 - верхняя крышка [4]

Исследуемый участок земной поверхности необходимо очистить от дерна и других предметов, мешающих установке диффузионного сборника. Затем из «основного» подготовленного адсорбера пересыпают активированный уголь в сборник так, чтобы уголь был равномерно распределен, по поверхности сетки. Второй адсорбер - «защитный» - вставляется с предохранительной крышкой в горловину диффузионного сборника. Диффузионный сборник вдавливают до упора 5 исследуемую поверхность. Время экспонирования диффузионного сборника не должно превышать 10 часов.

По окончании экспонирования диффузионный сборник снимается с исследуемой поверхности «защитный» адсорбер отсоединяется и закрывается крышками.

Активированный уголь из диффузионного сборника пересыпается обратно в тот же «основной» адсорбер и плотно закрывается крышками. Необходимо зарегистрировать место установки диффузионного сборника, номер «основного» адсорбента время начала и окончания экспонирования. Интервал между временем окончания экспонирования и временем начала измерений должен находиться в пределах от 3 до 12 часов.

Величину средних за время экспонирования потоков радона с исследуемой поверхности можно определить по формуле:

$$q = \frac{Ae^{\lambda t}}{k(1 - e^{-\lambda T})} \quad (1)$$

где A - активность сорбента, Бк;

t - интервал между временем окончания экспонирования и временем начала измерений, час;

T - продолжительность экспонирования диффузионного сборника на поверхности, час;

λ - постоянная распада радона ($0,00755 \text{ ч}^{-1}$);

k - коэффициент, определяемый по таблице 1, м с.

Таблица 1 - Величины коэффициентов [4]

Продолжит, экспонир., ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
К, м с	1,42	1,36	1,31	1,28	1,26	1,23	1,20	1,17	1,15	1,13

Для расчета активности сорбента можно использовать формулу (1). Замер активности радона на пробах активированного угля осуществляют гамма- и бета-спектрометрами, радиометрами типа РГА-20П, РУБ-01Пб, полевыми гамма- и бета-радиометрами типа УИМ-4, УИП-01К и др. Данные поверхностных съемок можно использовать как для обнаружения самовозгорания, так и для локации очагов повышенной температуры.

Для измерения потоков радона с поверхности используют: комплект аппаратуры "Камера", включающий сорбционные колонки с активированным углем СК-13, диффузионные сборники НК-32. Для замера активности радона используют радиометры типа РГА-20П, РУБ-01Пб, полевые гамма- и бета радиометры УИМ-4, УИП-01К [4].

Нагревание угля и вмещающих пород способствует резкому увеличению доли радона, поступающей из контрольных проб в рудничную атмосферу. Основной механизм дополнительного выноса радона обусловлен процессом парообразования. Образующийся при нагревании пар подхватывает молекулы радона и выносит их из микротрещин. Движение пара способствует также разрушению минералов, образованию новых поверхностей и каналов, связывающих трещины, что облегчает выход радона в рудничную атмосферу. В отличие от влаги радон переносится конвективными потоками воздуха на большие расстояния, достигая горных выработок и земной поверхности

Повышенное выделение радона из угля и пород зафиксировано при температуре 30-50 °С. Максимальное увеличение содержания радона (в 2-3 раза) отмечено при нагреве до 100-120 °С, затем начинается спад в выделении радона. Особенности радоновыделения из угля и пород при их прогреве можно использовать для обнаружения процесса самовозгорания угля на ранней стадии, не сопровождающейся интенсивным выделением таких индикаторных газов, как окись углерода, водород, предельные и непредельные углеводороды.

Применение радонового контроля наряду с существующими методами может значительно повысить эффективность обнаружения самовозгорания угля в выработанном пространстве.

Библиографический список

1. Борзых Д.М. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2015 г.

Вып. 19. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 26–28.

2. Предупреждение и локализация эндогенных пожаров в угольных шахтах / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 23. Ч. 4 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – С. 89-92.

3. И.В.Павлов «Методика оценки радиационной обстановки на угольных шахтах и разрезах». РД8-016-91 // И.В.Павлов / Москва. - 1992 г.-36с.

4. «Методика измерения активности радионуклидов в счётных образцах на сцинтилляционном гамма - спектрометре с использованием программного обеспечения Прогресс», «ВНИИФТРИ». - 1996 г.- 72с.

УДК 622.831

РАЗРАБОТКА ПЫЛЕВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Иващенко К.Ф., Сураев С.О., Мосягин А.О.

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В данной статье представлены мероприятия по уменьшению вредного воздействия пыли на персонал в условиях угольных шахт. Представлены основные факторы, влияющие на выбор оборудования для контроля и сокращения выбросов пыли. Предложены решения по контролю за пылезрыбезопасной атмосферой в шахте.

Ключевые слова: пыль, мероприятия, средства борьбы, профессиональные заболевания, технические решения.

С ростом производительности добычных и проходческих забоев возрастает запыленность рабочих мест и угольных шахт в целом. Учитывая специфику производственных процессов (разрушением горного массива, погрузкой и транспортировкой горной массы) угольная пыль отрицательно воздействует на здоровье горнорабочих и одновременно является источником повышенной пожаро- и взрывоопасности [1,2]. Применяемые в настоящее время способы и средства пылеподавления, к сожалению, недостаточно эффективны, поэтому требуется разработка качественных способов пылеподавления, обеспечивающих требования к охране труда и технике безопасно-

сти [3].

В статье разработаны мероприятия для обеспечения безопасности персонала при подземной разработке угольных месторождений, повышения эффективности противопылевых мероприятий.

Известно, что с одной тонны отбитого угля выделяется 5 кг пыли, а с увеличением нагрузки в 4-5 раз выделение метана в подготовительных забоях составляет 10-12 м³/мин, а пылевыведение – 100-150 г/мин [4].

При определении концентрации пыли запыленный воздух протягивается через фильтр с постоянной объемной скоростью в течение заданного (15 или 30 минут) времени или измеряется за заданное время его объем. Объем приводится к стандартным условиям путем расчета по известной формуле, для чего измеряется температура, давление и влажность воздуха [5].

Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01 (рисунок 1) предназначен для измерения массовой концентрации пыли при технологическом, производственном и гигиеническом контроле воздуха.



Рисунок 1 - Прибор ПКА-01 контроля запылённости воздуха [6]

На шахте «Ленина» предлагается комплекс противопылевых мероприятий направленный на сокращение пылевыведения в шахте и сокращения вредного влияния на трудящихся.

В предлагаемый комплекс мероприятий входит:

- предварительное увлажнение угля в массиве;
- применение оросительной системы (комплект очистного комбайна);
- применение пылеулавливающих установок, поставляемых с проходческим комбайном непрерывного действия;
- применение регулируемого пылеотсоса в подготовительном забое с разнесенными патрубками;
- орошение и пылеподавление пеной;
- применение средств индивидуальной защиты для обеспечения безопасности персонала.

Предварительное увлажнение угля в массиве предлагается как основное средство борьбы с пылью. Низконапорное увлажнение, в отличие от высоконапорного, направлено не на разрушение обрабатываемого угля, а на

нейтрализацию заключенного в нем газа и изменение прочностных свойств угля. Это достигается путем длительного нагнетания воды с добавками поверхностно-активных веществ, улучшающих смачиваемость.

В механизированных очистных забоях пылеподавление при выемке угля осуществляется с использованием средств орошения, которыми оснащаются выемочные машины (комбайны), механизированные крепи, струговые установки, фронтальные и щитовые агрегаты. На рисунке 2 представлено пылеподавление орошением при работе очистного комбайна.



Рисунок 2 - Система орошения на очистном комбайне

При проведении выработок комбайнами применяются средства пылеподавления, которыми комплектуются эти комбайны и машины. На пластах с высокой категорией пыльности проходческие комбайны по заявке шахты «Ленина» могут дополнительно к орошению укомплектовываться оборудованием пылеотсоса. Работа проходческого комбайна непрерывного действия, оснащенного пылеотсосом представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Система пылеподавления на комбайне фирмы SANDVIK

Эффективность применения пылеподавления на проходческих комбайнах избирательного действия сегодня не высока. Повысить пылеулавливание можно за счет регулируемого пылеотсоса с разнесенными патрубками.

Для тупиковых выработок, проходимых комбайнами избирательного действия, пылеотсос может быть осуществлен с помощью сухого или мокрого пылеуловителя, имеющего два разнесенных и размещаемых на боковых поверхностях комбайна трубопровода. Предложенный способ проветривания тупиковой выработки прошел испытания в ВостНИИ.

Для создания водовоздушных завес и с целью повышения эффективности орошения или необходимости уменьшения влажности угля и расхода воды в два и более раз может применяться пневмогидроорошение – смесь сжатого воздуха с водой.

Водовоздушные эжекторы применяются, в частности, для пылеподавления при передвижке секций механизированной крепи. На принципе эжектирования основано также пылеподавление на погрузочных и перегрузочных пунктах угля путем орошения его под укрытием с помощью конусных форсунок [7].

Наибольшая эффективность орошения наблюдается при использовании пенообразователей. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек-пузырьков газа, разделенных пленками жидкости. Поэтому пена имеет значительно больший объем, чем жидкость, из которой она образована. Это позволяет при относительно небольшом расходе пенообразующей жидкости увеличить поверхность взаимодействия ее с пылью в сравнении с орошением диспергированной водой. Разрушение пены связано с истечением жидкости в межпузырьковых пленках из верхних в нижние слои пены и диффузией газа из мелких пузырьков в крупные, в результате чего пленки утончаются и разрываются.

Индивидуальная защита органов дыхания шахтеров от угольной и породной пыли осуществляется с помощью противопылевых респираторов типа Ф–62Ш, которые обеспечивают очистку вдыхаемого воздуха от пыли до предельно допустимых концентраций.

В целях контроля пылевзрывобезопасности горных выработок, для оценки качества осланцевания горных выработок, в которых предусмотрено осланцевание инертной пылью, предлагается использовать прибор ПКП [8]. Применение данного прибора позволит оперативно, непосредственно в выработке, производить с достаточной точностью экспресс-оценку (рисунок 4). Прибор полностью безопасен в обращении, не содержит воспламенителя и компонентов взрывчатой смеси.



б)

Диапазон рабочей температуры окружающей среды, °С	0 ... + 40
Пределы измерений содержания инертной пыли в пробе, %	0...100
Погрешность измерений, %	10%
Разрешение по содержанию инертной пыли	Не более 1
Время измерения, мин	Не более 10
Время работы без подзарядки, ч	5
Масса, г	600
Взрывозащита прибора	POExial
Защита от внешних воздействий	IP54

Рисунок 4 - Прибор ПКП: а) внешний вид; б) техническая характеристика

Использование средств подавления угольной пыли уменьшает вероятность взрыва в шахтах, где находится взвешенная угольная пыль. Повышение качества производственного контроля за содержанием пыли на рабочем месте позволит уменьшить затрат на здравоохранение шахтеров, улучшить моральное состояние и продолжительность жизни рабочего персонала.

Библиографический список

1. Разработка технологических решений по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок в условиях филиала «Шахта «Увальная»/ Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 июня 2018 г. Вып. 22. Ч. III: Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ.ред. М. В. Темлянцев. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 3–8.

2. Снижение запыленности горных выработок в условиях шахты «Талдинская - Западная-1» / В.А. Сизых, А.М. Никитина, Д.М. Борзых, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 23. Ч. VII : Технические науки. – С. 267-271.

3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – Москва: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2014. – 200 с.

4. Подображин А.С. Методы и средства пылевзрывозащиты горных выработок угольных шахт и пылевого контроля / А.С. Подображин // ГИАБ. - 2007. - №12. С. 287-299.

5. Использование современных технических средств пылевого контроля для производства специальной оценки условий труда / С.Б. Романченко, В.Н. Костеренко, А.Н. Тимченко // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2016. - № 4. - С. 382–387.

6. Техничко-технологические проблемы промышленного внедрения систем обеспыливания шахтной атмосферы / С.Б. Романченко, В.Н. Костеренко, Д.О. Макеева, А.В. Дремов // ГИАБ . - 2009. - №12. - С. 176-187.

7. Туманообразователь ФСТ-90 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ukrsk.com.ua/tuman_fst.html (дата обращения 24.04.2020)

8. Модернизация прибора контроля пылевзрывобезопасности ПКП / Я.С. Ворошилов, А.А. Поморцев, В.Е. Седельников, М.К. Дарчук, В.А. Сухоруков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. - 2010. - №1. С. 117-120.

УДК 622.831

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СКВАЖИНАМИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

Козлова О.А.

Научный руководитель: Риб С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: olgak.kozlova2015@yandex.ru*

В данной статье представлены мероприятия по воздействию на угольные пласты с целью устранения отрицательного влияния «газового фактора» на основе обоснованного выбора и эффективной реализации дегазации угольных пластов при их отработке.

Ключевые слова: дегазация, метан, газообильность, угольный пласт, пластовые скважины, горная выработка, дегазационный трубопровод.

Увеличение объёмов добычи угля и темпов проведения горных выработок сопровождается осложнением горно-геологических и горнотехнических условий отработки угольных пластов, связанных с повышением газо выделения и газодинамическими явлениями в шахтах. В связи с этим, особую значимость приобретает проблема снижения газообильности выработок за счёт применения дегазации разрабатываемых угольных пластов.

В условиях Кузбасса абсолютная газообильность очистных выработок с выработанными пространствами превышает 15-20 м³/мин, что ограничивает возможности вентиляции, как средства борьбы с метаном (газом) и вызывает необходимость применения новых способов дегазации разрабатываемых угольных пластов [1-3]. При увеличении глубины горных работ газообильность выемочных участков возрастает, следствием чего является повышение уровня аварийности на угольных шахтах. В настоящее время около 25 % шахт имеют абсолютную газообильность более 50 м³/мин, более половины шахт отнесены к сверхкатегорным и опасным по внезапным выбросам

угля и газа [4].

В настоящее время на шахтах Кузбасса все чаще и чаще применяется современное импортное высокопроизводительное очистное оборудование. Производительность лав, оснащённых таким оборудованием, в основном ограничивается только по газовому фактору. Для снижения количества метана в очистном забое применяется ряд мер. Такими мерами является дегазация и газоотсос.

При газоотсосе метан откачивается из выработанного пространства путем бурения скважин с поверхности и установки на скважинах вентиляторов, которые через завал вместе с метаном забирают часть воздуха из очистного забоя. Данный способ имеет ряд недостатков. Во-первых, если шахта отрабатывает одновременно несколько пластов невозможно производить газоотсос с пластов, находящихся на нижележащем горизонте. Так же при отходе лавы от установки (скважины) её влияние на газовый режим в лаве снижается, увеличивается время простоев лавы, возникает необходимость переноса установки. С эксплуатацией газоотсасывающей установки на поверхности также имеется ряд проблем. Это прокладка электрических сетей от подстанций шахты до установки, содержание и обслуживание установки, бурение скважин [5].

Решить проблемы дегазации позволяет применение направленного бурения. Применение направленного бурения позволяет обуривать до 1,5 км длины выемочного столба, при этом обуривание этого участка производится из одной точки (промежуточного штрека), что позволяет значительно уменьшить время на транспортирование станка.

Направленное бурение позволяет за несколько лет до начала горных работ начать разгружать пласт от газа. На роторных станках это сделать невозможно, так как они могут бурить только прямые дегазационные скважины протяженностью до 300 метров. Станки направленного бурения оснащены системой ориентирования. Навигатор показывает, в каком направлении движется буровой инструмент. В зависимости от горно-геологических особенностей пласта можно делать скважины под разным углом и варьировать их длину.

Метод направленного бурения является эффективным способом борьбы с метаном, оправдывающий себя на шахтах Распадской угольной компании ЕВРАЗ. Объем извлечённого метана из скважины, пробуренной с помощью станка роторного типа, составляет от 0,25 до 2 кубометров в минуту. На «Ерунаковской-VIII» из скважины направленного бурения извлекают до 17,3 кубометра метана в минуту [6].

Для комплексного решения проблемы дегазации предлагается внедрить технологию направленного бурения длинными скважинами буровой установкой VLD-1000 (станок австралийской компании Valley Longwall International), что существенно повысит безопасность горных работ. Высокая эффективность достигается благодаря системе ориентирования, с помощью которой станок распознаёт, в каком направлении нужно бурить, и отображает эту информацию на встроенном мониторе. Это позволяет бурить скважи-

ны длиной более 700 м при разных углах падения пласта, добываясь высоких объёмов извлечения метана.

Буровая электрогидравлическая установка VLD-1000 предназначена для бурения дегазационных скважин по породе и углю диаметром до 200 мм и длиной до 1000 м. Вес буровой установки не более 15 т. Давление подачи и тяговое усилие 120 т. Скорость подачи 12 м/мин.

Применение буровой установки VLD-1000 позволит увеличить скорость проведения пластовых выработок, повысит безопасность производственных процессов.

Экономический эффект от внедрения нового оборудования очевиден уже сейчас: вместо восьми станков роторного бурения, применяемых сегодня, будет работать один VLD-1000. Только затраты электроэнергии и заработной платы членов экипажей сэкономят внушительную сумму.

Для воздействия на угольный пласт предлагается способ дегазации угольного пласта, включающий проходку горной выработки, проведение пластовых скважин в контуре выемочного участка и нисходящих скважин за контуры будущих выработок, герметизацию скважины, нагнетание жидкости в пласт через скважины за пределами зоны разгрузки пласта поэтапно, сначала в статическом, а затем в импульсном режиме, раскрытие трещин в угольном пласте и подключение скважин к дегазационному трубопроводу. Положительный эффект достигается за счёт интенсификации процесса подземной дегазации угольного пласта путём обеспечения проникновения ударных волн в межпоровое пространство и раскрытия макро- и микропор, что повысит эффективность удаления метана из пласта, снизит газообильность горных выработок и уменьшит вероятность возникновения взрывов газа и угольной пыли [7].

На рисунках 1, 2 показаны принципиальные схемы расположения нисходящих скважин и парных откаточной и вышележащей (параллельной) выработок, а также горизонтальных дегазационных скважин соответственно в процессе проходки горных выработок.

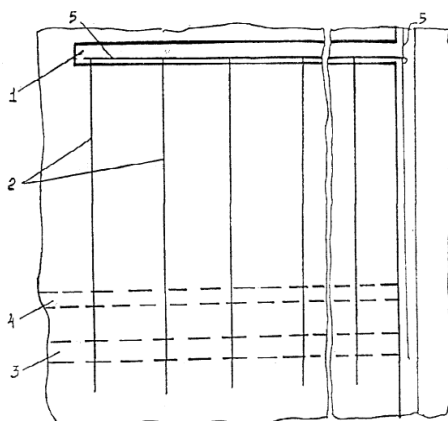


Рисунок 1 – Схема расположения нисходящих скважин и парных откаточной и вышележащей (параллельной) выработок [7]

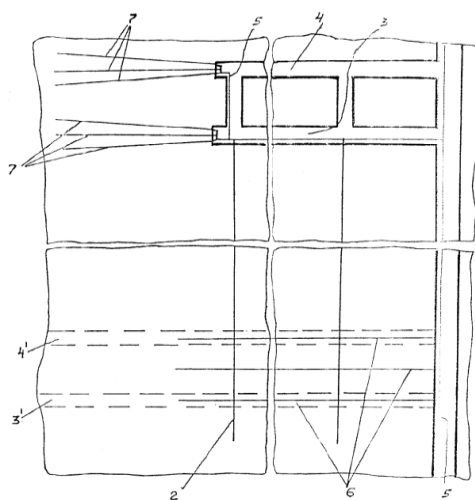


Рисунок 2 – Схема расположения нисходящих скважин, парных откаточной и вышележащей (параллельной) выработок и горизонтальных дегазационных скважин [7]

В процессе проходки выработки 1, т.е. в самом начале нарезки первого выемочного поля (рисунок 1), проводят пластовые нисходящие скважины 2 за контуры будущей откаточной 3 и вышележащей (параллельной) 4 выработок. С момента подключения нисходящих скважин 2 к трубопроводу 5 с воздействием на поры в циклично-импульсном режиме приступают к очередным этапам обработки массива, которые заключаются в следующем. Перед началом проходки выработок 3' и 4' проводят горизонтальные скважины 6 (рисунок 2). Очередность бурения этих горизонтальных скважин – снизу вверх. В этом случае интенсифицируются процессы осушения и дегазации пласта на выемочном поле и впереди проходимых выработок за счёт удаления жидкости по скважинам. Затем скважины 6 подключают к дегазационному трубопроводу 5, предварительно введя в скважину или в обсадную трубу виброволновой генератор, и воздействуют на макро- и микропоры. Для увеличения коэффициента дегазации и снижения газообильности при проходке откаточной и параллельной выработок 3 и 4 вне зоны влияния горизонтальных скважин 6 (по их длине) проводят передовые дегазационные скважины 7 (рисунок 2). Эти передовые скважины, как и горизонтальные скважины 6, способствуют удалению воды из дегазируемого массива и интенсификации процесса дегазации (скважины 6 - нижележащего выемочного поля, а скважины 7 - вышележащего). Таким образом, скважины, как горизонтальные, так и передовые, расположены с возможностью удаления притоков воды.

Вывод. В настоящей статье для повышения безопасности технологических процессов с применением дегазации при проведении горно-подготовительных работ предлагаются для угольных шахт следующие технологические и технические решения:

- внедрение технологии направленного бурения длинными скважинами

буровой установкой VLD-1000 (станок австралийской компании Valley Longwall International), что существенно повысит безопасность горных работ. Технология направленного бурения позволит увеличить эффективность дегазации, что обеспечит благоприятные условия для отработки угольных пластов;

- усовершенствование технологии подземной пластовой дегазации посредством использования гидроразрыва угольного пласта, которая заключается в нагнетании в пласт рабочей жидкости поэтапно, сначала в статическом режиме, а затем в импульсном (интенсификация процесса).

Библиографический список

1. Применение современных методов дегазации при отработке пласта Е-5 в условиях ООО "Шахта "Осинниковская" / Д. М. Борзых, А. М. Никитина, С. В. Риб, М.К. Ларин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. Ч. 3. Технические науки. – С. 23-26.

2. Управление газовыделением на выемочных участках шахты «Октябрьская» / С.В. Риб, А.М. Никитина, Д.М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения , СибГИУ, 2019 . – Вып. 23. – Ч. IV : Технические науки. – С. 100-103.

3. Разработка технических и технологических решений по совершенствованию дегазации с использованием направленного бурения для условий ООО "Шахта "Усковская" / Д. М. Борзых, А. М. Никитина, С. В. Риб, В. А. Волошин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. Ч. 3. Технические науки. – С. 27-31.

4. Опыт, проблемы и перспективы дегазации углепородных массивов [Текст] / С.В. Сластунов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № S2-1.– С. 11-21.

5. Забурдяев В.С. Проблемы метанообильных угольных шахт, оснащённых современной угледобывающей техникой / В.С. Забурдяев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – Отдельный выпуск 1. – С. 334-343.

6. Метану в шахте не место [Текст] / С.В. Шатиоров [и др.] // Уголь Кузбасса. – 2018. - №3. – С. 4-5.

7. Пат. 2372487 Россия, МПК E21F 7/00. Способ дегазации угольного пласта [Текст] / Рубан А.Д. [и др.]; Институт проблем комплексного освоения недр РАН (ИПКОН РАН). - № 2008114287/03; заявл. 15.04.2008, опубл. 10.11.2009. – 8 с.; 3 л. ил.

**СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ПОДГОТОВКИ ВЫЕМОЧНЫХ
УЧАСТКОВ ЗА СЧЕТ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ
ДИЗЬЮНКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ**

Кузнецов А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: @rambler.ru*

В данной статье представлены мероприятия по сокращению сроков восстановления горных выработок в условиях геологических нарушений угольных шахт.

Ключевые слова: горная выработка, восстановление крепи, водоотлив, дизъюнктивные нарушения, сроки восстановления выработок.

В условиях подземной разработке угольных месторождений для повышения безопасности работ, увеличения производительности труда важное значение имеет безремонтное поддержание подготовительных горных выработок. Предаварийное состояние подготовительных выработок и выполнение в них ремонтных работ негативно влияют на работу транспорта, очистных забоев и ухудшают условия проветривания. Неудовлетворительное состояние выемочных штреков позади очистного забоя является следствием повышенных концентраций напряжений и деформаций [1]. Во многих выработках за время эксплуатации преобладают: вертикальная и горизонтальная конвергенция, пучение пород почвы различной интенсивности, что является причиной уменьшения сечения выработки до неудовлетворительного состояния, особенно в сложных горно-геологических условиях [2-4]. В современных условиях актуальной задачей является разработка технологических решений по повышению эффективности проведения, поддержания и ремонта подготовительных выработок в зонах влияния дизъюнктивных нарушений.

На шахтах Кузбасса, широко используется система разработки длинными столбами по простиранию с охраной подготовительных выработок целиками. Схема подготовки выемочных столбов осуществляется двумя спаренными штреками: конвейерным и вентиляционным. Между ними оставляются угольные целики. При отработке выемочного столба верхний конвейерный штрек погашается за первым очистным забоем, а нижний вентиляционный штрек используется повторно для нижележащей лавы. При такой схеме вентиляционный штрек при отработке вышележащего столба испытывает влияние опорного горного давления, а после его отработки – установившегося опорного давления. Чтобы обеспечить вентиляционный штрек в

рабочем состоянии он должен охраняться целиками угля значительной ширины (от 40 до 60 м при мощности пласта до 1,2 м и глубине разработки 400-500 м).

Перед производственниками стоит остро выбор между увеличением затрат на безремонтное поддержание выработок после отработки смежного выемочного участка или разработать эффективные мероприятия по восстановлению выработок. На рисунке 1 представлено фото возведения канатных анкеров для усиления крепления выработки по пласту 29а шахты «Большевик».

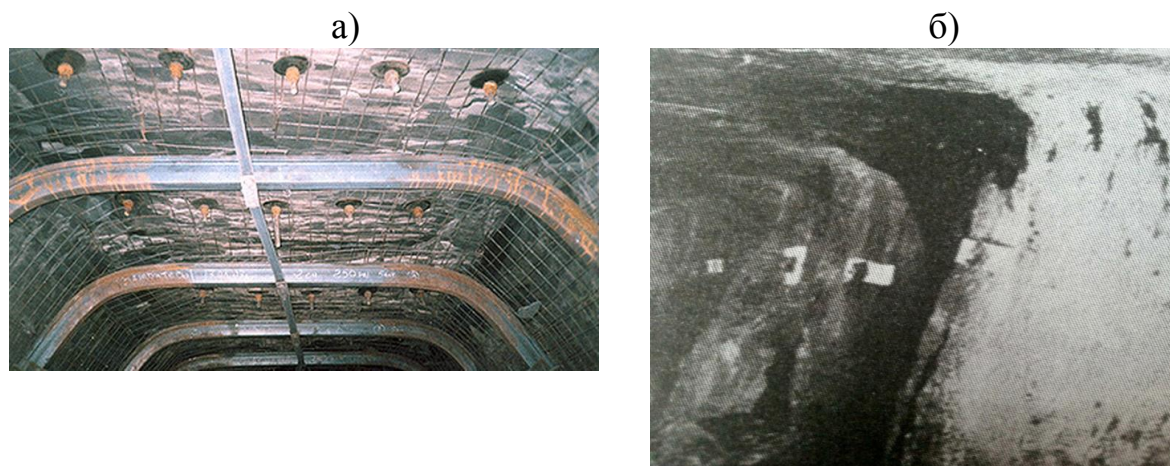


Рисунок 1 – Усиление крепления выработок в зоне влияния дизъюнктивного геологического нарушения; а) канатными анкерами по кровле; б) полимерными анкерами в боках выработки [5]

В горных выработках подверженных высоким напряжениям в краевых частях угольного целика и вмещающих пород кровли часто возникают нарушения крепления, такие как смятие деформация сталеполимерных анкеров, в результате чего происходит отжим угля с боков и обрушение пород кровли. На шахтах Кузбасса большое распространение получили металлические решетки и сетки, но такой вид ограждающих конструкций имеет ряд недостатков: коррозия, большая масса увеличивающая трудоемкость монтажа, повышенная травмоопасность из-за острых краев сетки и т.д. [6].

Основным направлением уменьшения конвергенции подготовительных выработок, попавших в зону влияния очистных работ, является снижение воздействия на выработку повышенного горного давления.

Наиболее существенные изменения в технологиях анкерного крепления связаны с внедрением канатных анкеров и успешным решением задач поддержания и сохранения подземных горных выработок в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Однако, в зонах влияния дизъюнктивных нарушений не удастся сохранить рабочее сечение и выработка нуждается в проведении ремонтных работ. Сроки проведения ремонтных работ напрямую зависят от организации работ и подбора оборудования.

Для ведения восстановительных работ рекомендуется на шахте

«Большевик» воспользоваться опытом зарубежных стран.

Важнейшим фактором современного развития технологий зарубежных угольных шахт стала безопасность труда операторов машин и обслуживающего персонала. Сегодня предлагается широкий спектр оборудования для восстановления выработок после продолжительного подтопления. Проходческие комбайны как узкоспециализированные, так и универсальные производства в европейских странах широко применяются для восстановления выработок [7]. Особенность технологической схемы заключается в использовании WTE (рисунок 2).

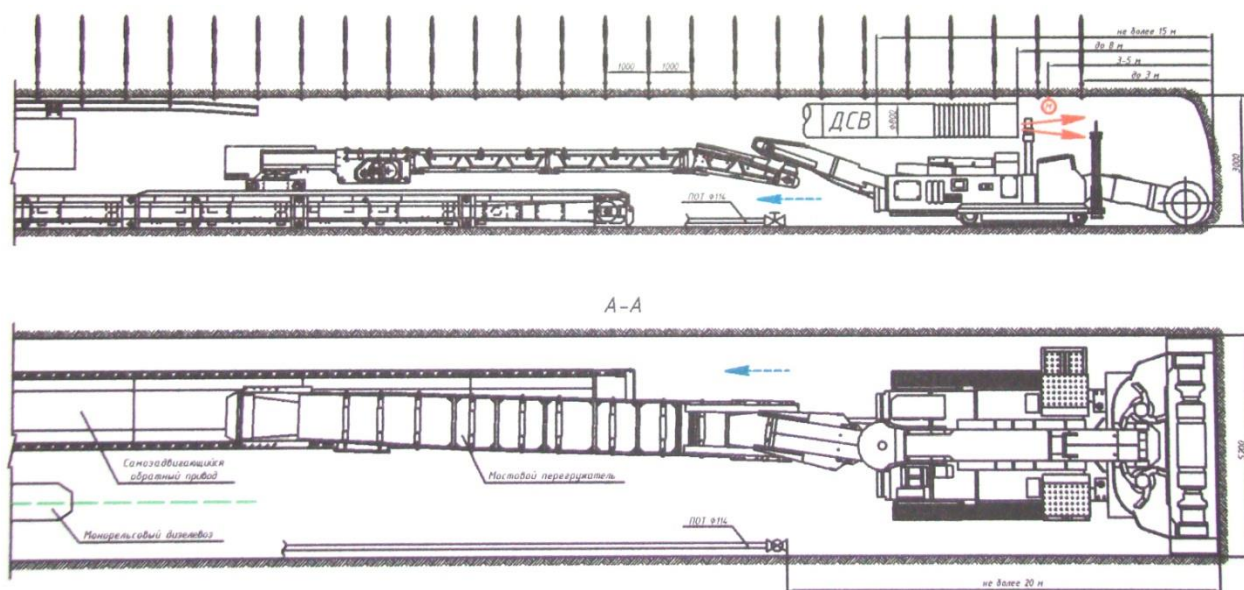


Рисунок 2 – Восстановление выработки комбайном непрерывного действия с использованием ленточного перегружателя и самозадвигающегося привода

Использование данной ТС позволяет осуществлять зачистку горизонтальных выработок высокими темпами, например на шахте в Австралии за месяц (28 дней) было восстановлено 2100 м с усилением крепления тремя полимерными анкерами с шагом 1м [8].

Изучив характеристики условий отработки угольного пласта 29а на шахте «Большевик» можно предложить внедрение следующих технических решений:

1. В связи с высокой трещиноватостью углепородного массива на шахте «Большевик», обеспечить соответствующий паспорт крепи для сохранности и устойчивости выработок.
2. Заблаговременно планировать временную консервацию выработок и вносить в специальный раздел ПРГР на период до одного года.
3. Производить отгрузку горной массы в самоходные вагоны и транспортировать до перегруза на быстромонтируемые ленточные конвейера ЛТ-80. Если в ходе разведки планируем объемов восстановительных работ

фактических «непроходных» перевалов общей протяженностью более 30 %, требуется разработать мероприятия по безопасному проведению параллельной выработки.

4. Рекомендовать к внедрению комбайны непрерывного действия с широкозахватным барабанным рабочим органом с навесными буровыми установками для зачистки и перекрепки выработок.

5. Расштыбовку уклонных выработок рекомендовано производить с использованием бурошнековых установок.

Рекомендуемые к применению на шахте «Большевик» технологические схемы восстановления горных выработок и технические средства позволят сократить сроки ремонта выработок и обеспечивают ввод в эксплуатацию выемочных участков в запланированные сроки.

Время, отведённое на восстановительные работы становится прогнозируемым, что снижает риски, связанные со срывом сроков выполнения намеченных работ по запуску выемочных участков в эксплуатацию.

Применение принципа своевременной консервации и восстановления горных выработок позволит снизить затраты на проветривание и поддержание шахтного фонда на 15-20 %, сократит расходы по участку аэрологии на шахте «Большевик» до 30 %.

Своевременный ввод в эксплуатацию выемочных участков снижает незапланированные расходы предприятия и повышает конкурентоспособность на рынке угля в условиях кризиса.

Библиографический список

1. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за 2018 год / И.Г. Таразанов // Уголь. – 2019. - №3. - С. 59-68.

2. Исследование влияния дизъюнктивных нарушений на состояние массива горных пород в окрестности подготовительной выработки / С.В. Риб, В.В. Басов, А.М. Никитина // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2016. – № 1 (15). – С. 17–20.

3. Адаптация методов оценки риска обрушения подземных горных выработок к условиям шахт юга Кузбасса [Текст] / А.Н. Домрачев, С.В. Риб, А.М. Никитина // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2016. – № 4. – С. 81–90.

4. Применение инновационных технических средств для корректировки существующей методики выбора параметров анкерной крепи горных выработок / Борзых Д.М., С.В. Риб, В.Н. Фрянов, А.Г. Зиганшин, А.С. Петров, А.М. Никитина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 3. – С. 354–359.

5. Горнотехническая документация шахты «Большевик».

6. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17.12.2013 г., №610, зарегистрирована в Ми-

ньюсте РФ 19.02.2014 г., № 31354).

7. Прусек С. Современное состояние технологии крепления штреков в угольной промышленности Польши / С. Прусек, В. Мазни // Глюкауф. – 2015. - №2. - С. 48-52.

8. Расширение области применения анкерной крепи // У. Руппель, Д. Виттенберг, Виттхаус Хольгер / Глюкауф, 2000г., май, №1, с. 15–21.

УДК 622.831

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПУТЁМ ВОЗВЕДЕНИЯ ПЕННЫХ БАРЬЕРОВ

Моисеев А.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: n939tu@yandex.ru*

В данной статье рассмотрены возможные меры ограничение препятствующих продвижению утечек воздуха в выработанное пространство в угольных шахтах. Разработаны мероприятия ограничение движения воздуха в выработанном пространстве путём возведения пенных барьеров.

Ключевые слова: эндогенные пожары, утечки воздуха, выработанное пространство, пеногенератор, пена, угольная шахта.

Эндогенные пожары в угольных шахтах – один из значительных факторов негативного влияния хозяйственной деятельности на экосистему как на микроуровне, так и на макроуровне. Несовершенство применяемых технологических схем, способов управления газовой выделением приводит к формированию очагов самонагревания и дальнейшего самовозгорания угля [1-4] и развитию эндогенных пожаров [5,6]. Эндогенные пожары – основной источник выбросов из угольных шахт в атмосферу оксида углерода (СО – угарного газа) и газообразных непредельных углеводородов (этилен, пропилен и т.д.); значительный источник выбросов диоксида углерода (СО₂ – углекислого газа). Весьма опасный факт – эндогенные пожары повышают выделение радиоактивных изотопов радона как в газообразном состоянии, так и в состоянии водных растворов [7]. Кроме того, температурные воздействия на уголь активизирует метановыделение, окисление соединений содержащейся в угле серы с высвобождением газообразных кислотообразующих оксидов (преимущественно диоксида серы SO₂).

За десятилетний период 1993-2002гг в зоне обслуживания Новокузнецкого ВГСО (Юг Кузбасса, включая города Новокузнецк, Междуреченск, Осинники) произошло 8 эндогенных пожаров и очагов самонагревания, за

следующее десятилетие 2003 – 2012 г уже 22 эндогенных пожара и очага самонагревания. Все перечисленные пожары регистрировались в выработанных пространствах выемочных участков. В 2010 -2013гг на предприятиях в зоне обслуживания Новокузнецкого ВГСО в выработанных пространствах выемочных участков было зарегистрировано 11 эндогенных пожаров либо очагов самонагревания, при этом на участках с изолированным отводом МВС – 9, с возвратно-точной схемой проветривания без изолированного отвода МВС – 2 (прямоточная схема проветривания не применяется). Как показала статистика, большинство эндогенных пожаров сформировались в выработанном пространстве, частично проветриваемом за счёт отвода МВС [8].

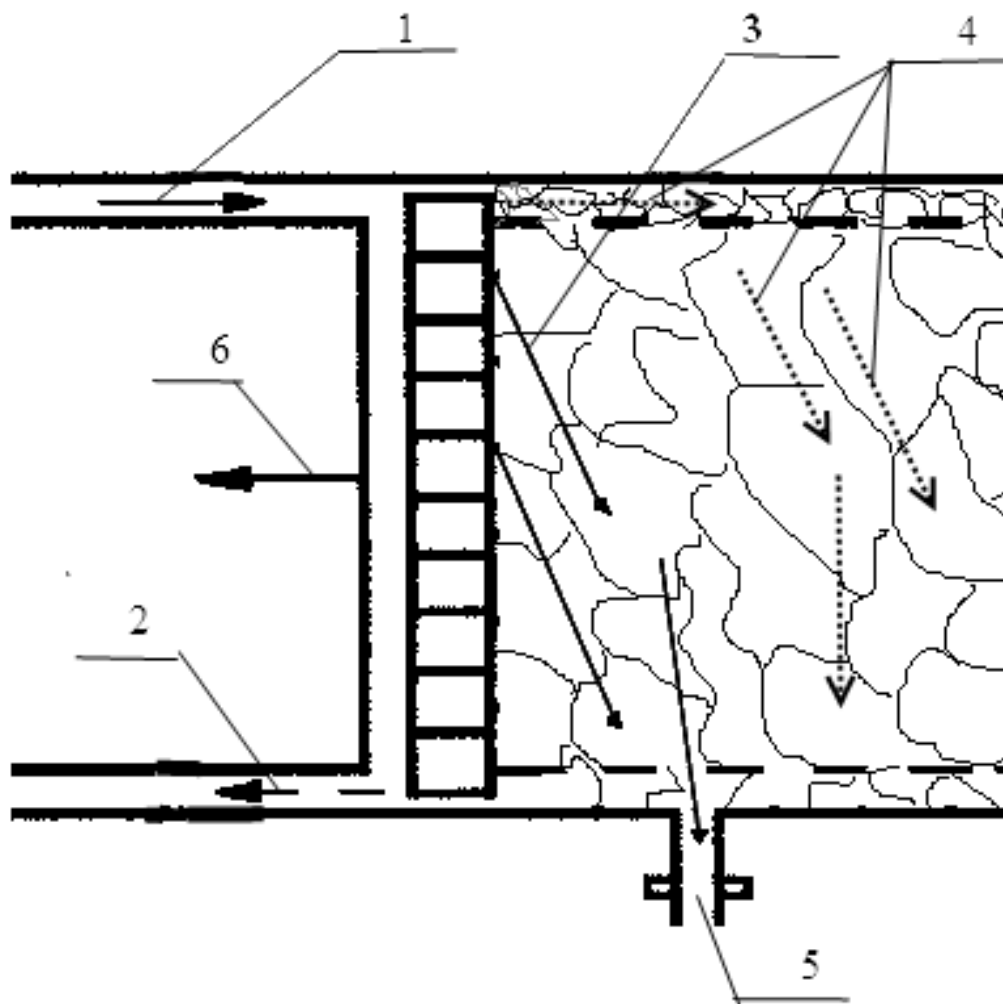
Ограничение движения воздуха в выработанном пространстве путём возведения (формирования) в выработанном пространстве через пробуренные с поверхности скважины полос (барьеров) из высокостабильной пены, препятствующих движению утечек (фильтраций). Пенные полосы в выработанном пространстве создают воздухонепроницаемый барьер, препятствующий продвижению утечек далее в выработанное пространство. Способ довольно дорогой и трудоёмкий, но и наиболее эффективный. Технологическая линия возведения пенных полос включает в себя: резервуар для воды, насос для подачи воды, компрессорную установку для подачи газа (предпочтительно азота, в таком случае азотную станцию), пеногенератор, трубопроводы, систему запорной и распределительной арматуры. Вода от резервуара насосом подается к пеногенератору, туда же от компрессорной установки (азотной станции) подаётся газ. Пена генерируется путём барботажа газа (воздуха, азота) через жидкость – пенообразователь 2-го рода, подаётся по трубопроводу в скважины, пробуренные с поверхности в отработанную часть пласта, и далее в выработанное пространство. Скважины пробуриваются рядами, параллельными линии очистного забоя.

От пеногенератора пена по трубопроводам подаётся и распределяется по скважинам (возможна как одновременная подача пены в скважины, так и поочерёдная). Через скважины пена попадает в выработанное пространство, где распространяется горизонтально и вертикально. Количество подаваемой в каждую скважину пены определяется расчётом с учётом объёма выработанного пространства выемочного участка после прохождения выемочного комплекса, числа скважин, предполагаемой ширины полосы (барьера) из пены. Суточный режим работы технологической линии выбирается, исходя из стойкости пены и производительности технологического оборудования. Поступающая в выработанное пространство пена образует в выработанном пространстве полосы (барьеры), препятствующие движению воздуха в выработанном пространстве. Таким образом, увеличивается вентиляционное сопротивление выработанного пространства, соответственно уменьшаются утечки воздуха в выработанное пространство и скорости фильтрации воздуха через выработанное пространство.

Шаг бурения рядов скважин определяется документацией на ведение

горных работ, но при изолированном отводе метановоздушной смеси целесообразно размещать полосу (барьер) за ближайшей к очистному забою газоотводящей сбойкой. Одновременно может возводиться (поддерживаться) одна пенная полоса (барьер) или несколько.

Схемы воздухораспределения в выработанном пространстве при возведении пенных полос (барьеров) и без таковых представлены на рисунках 1,2.

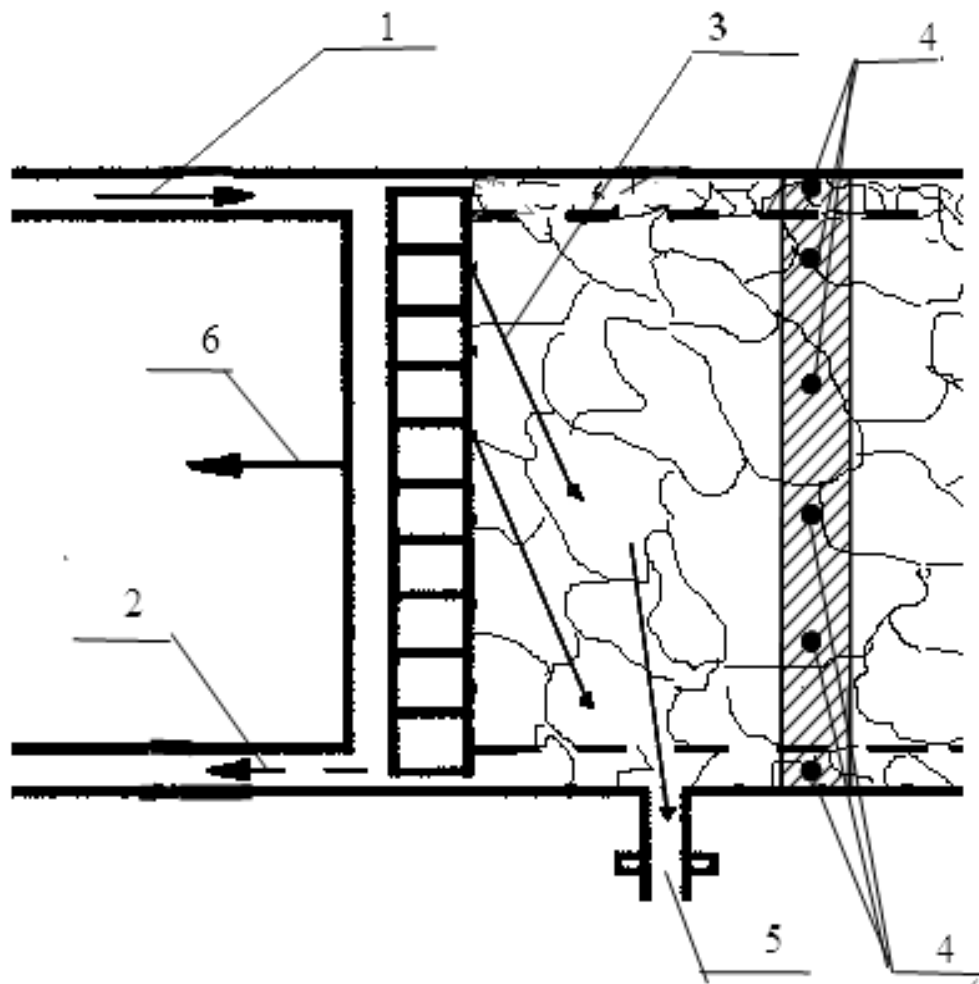


1- свежая (подаваемая на участок) струя воздуха; 2 – исходящая струя воздуха; 3 – направление движения воздуха, используемого для газуправления; 4 – пожароопасные утечки (фильтрации); 5 – газоотводящая сбойка;
6 – направление движения комплекса

Рисунок 1- Схема воздухораспределения в выработанном пространстве выемочного участка, оборудованного механизированным комплексом, при комбинированной схеме проветривания без пенной полосы (барьера)

Кроме создания препятствий для движения утечек воздуха по выработанному пространству, дополнительно создаётся антипирогенный эффект после разрушения пены и растекания пенообразователя по выработанному пространству, а в случае применения азота – дополнительная инертизация

атмосферы выработанного пространства из-за вытеснения кислорода. Предложенный способ возведения пенных полос может применяться как самостоятельно, так и в комбинации с любым из существующих способов предотвращения эндогенных пожаров.



1 - свежая (подаваемая на участок) струя воздуха; 2 – исходящая струя воздуха; 3 – направление движения воздуха, используемого для газопроветривания; 4 – пробуренные с поверхности скважины и сформированная с их помощью пенная полоса (барьер); 5-газоотводящая сбойка;
6 – направление движения комплекса

Рисунок 2 - Схема воздухораспределения в выработанном пространстве выемочного участка, оборудованного механизированным комплексом, при комбинированной схеме проветривания, с пенной полосой (барьером) в выработанном пространстве

Предложенный метод проектирования и поддержания в процессе обработки выемочного участка пожаробезопасных параметров проветривания, основанный на оценке распределения кислорода, позволяет своевременно корректировать воздухораспределение в выработанном пространстве и ликвидировать пожароопасные участки, предотвратив поступление в горные

выработки и атмосферу токсичных (оксид углерода, диоксид серы), парниковых (диоксид углерода) и радиоактивных (изотопы радона) газов. Метод прост, достоверен и удобен в использовании.

Библиографический список

1. Игишев В.Г. Борьба с самовозгоранием угля в шахтах. – М.: Недра, 1987. – 176 с.
2. Временные рекомендации по снижению газообильности выемочных участков шахт Кузбасса поверхностными газоотсасывающими вентиляторами, установленными на устьях вентиляционных скважин/ Кол. авт. – Кемерово, ротاپринт ВостНИИ, 1986г. – 30 с.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок». – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2012 – 128с.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011 – 200с.
5. Борзых Д.М. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2015 г. Вып. 19. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 26–28.
6. Предупреждение и локализация эндогенных пожаров в угольных шахтах / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 23. Ч. 4 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – С. 89-92.
7. Скрицкий В.А. Эндогенные пожары в угольных шахтах, природа их возникновения, способы предотвращения и тушения // В.А. Скрицкий, А.П. Федорович, В.И. Храмов / Кемерово: Кузбассвуиздат, 2006. – 192с.
8. Справка по результатам целевой проверки эндогенной пожароопасности угольных шахт, обслуживаемых ФГУП «ВГСЧ». – г. Новокузнецк, 2011. - 4с.4

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО -
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
БЕЗОПАСНОЙ ОТРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ, СКЛОННЫХ
К ГОРНЫМ УДАРАМ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ**

Ушаков М.Ю., Тельнов Ю.В.

**Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Володина А.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: mixai86@mail.ru*

Одной из важнейших проблем при разработке глубокозалегающих месторождений является борьба с возрастанием напряжений в горном массиве, вызываемым увеличением давления вышележащей толщи пород. По степени влияния выделенных геодинамически активных структур, вся территория горного отвода Таштагольского месторождения условно разделена на зоны – повышенного, умеренного и эпизодического влияния. Все выделенные геодинамически активные структуры являются прогнозными. Для прогнозирования удароопасности, автоматизации процессов измерений и обработки результатов, предлагается использовать техническое решение по использованию глубинных реперов для контроля за состоянием кровли горной выработки.

Ключевые слова: горный удар, камуфлетное взрывание, удароопасность, прогнозирование, геодинамика.

Рост напряжений в горном массиве вызывает увеличение давления вышележащей толщи пород. В момент, когда напряжения превышают прочность пород, которые начинают разрушаться, происходит горный удар.

Помимо увеличения горного давления, меняются и физико-механические свойства горных пород. Как следствие возникают серьезные технологические и технико-экономические трудности при ведении капитальных, подготовительных и очистных работ. Обеспечить результативность, а главное безопасность разработки склонных и опасных по горным ударам месторождений, представляется возможным только при детальном рассмотрении воздействия природных и техногенных факторов [1].

Главную роль в возникновении горного удара играет форма распределения нагрузок в зоне опорного давления. Чем ближе максимум опорного давления располагается к обнажению и чем выше в нем концентрации напряжений, тем более высока вероятность, что горный удар произойдет. Создание защитных зон в пределах которых породы не имеют возможности накапливать энергию достаточную для возникновения горного удара является решением в таких ситуациях.

Защитную зону образуют с помощью взрывания камуфлетных шпуров (скважин), бурения разгрузочных скважин, выбуривания разгрузочных щелей или полостей, а также сочетанием данных методов [2].

Слой разрушенных пород, при осуществлении камуфлетного взрывания, как правило, ориентируется перпендикулярно направлению действия максимальных напряжений в массиве (рисунок 1).

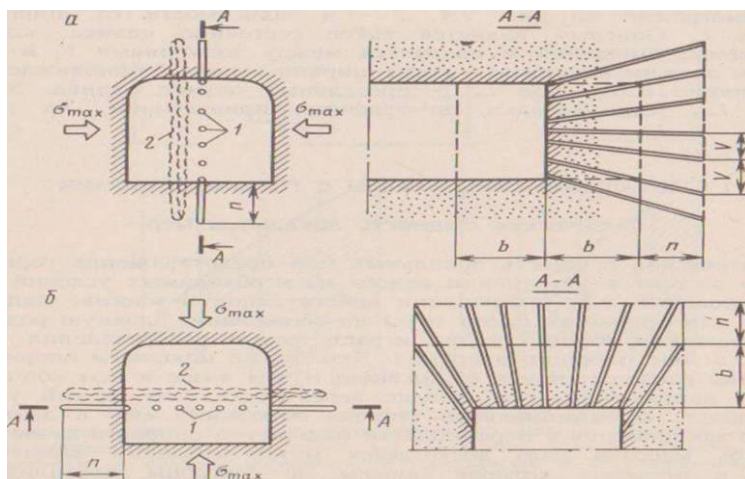


Рисунок 1 - Схема создания защитных зон путем камуфлетного взрывания для разгрузки от горизонтальных (а) и вертикальных (б) напряжений: 1 - камуфлетные шпуров; 2 - положение разгрузочной щели от предыдущего цикла [2]

Выбуривание щелей для создания защитной зоны является более эффективным, но в тоже время весьма трудоемким методом. Щели выбуриваются сплошные (рисунок 2, а) либо с межскважинными (межшпуровыми) промежутками (рисунок 2, б). Промежутки не дают возможности энергии, которой было бы достаточно для возникновения горного удара, накапливаться в краевых частях [2].

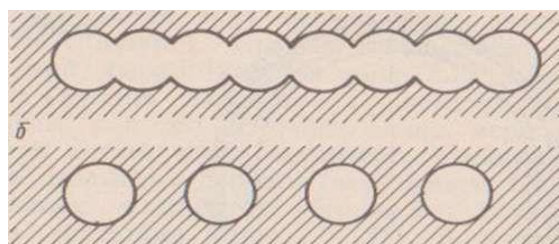


Рисунок 2 – Формы разгрузочных щелей [2]

На удароопасных участках выработок, где возможно проявление интенсивного заколообразования и стреляния пород, требуется возведение крепи поддерживающего, ограждающего или упрочняющего типов.

В качестве поддерживающей крепи может применяться бесстоечная металлическая крепь, состоящая из закладочных крючьев и верхняка прямой (рисунок 3, а) или криволинейной формы (рисунок 3, б).

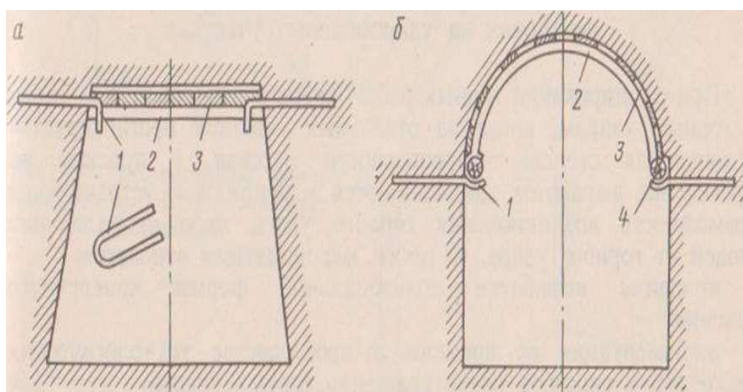


Рисунок 3 – Конструкция металлической бесстоечной крепи: а - с прямолинейным верхняком; б-с криволинейным верхняком; 1 - складной крюк; 2 - верхняк; 3 - затяжка; 4 - деревянный шарнир [2]

Таштагольское месторождение является одним из самых удароопасных месторождений в России. 25 декабря 1982 г. на Таштагольском руднике произошел горный удар, который стал самым мощным за весь период отработки данного месторождения. Толчки и трески после этого горного удара прекратились 22 января 1983 г [3].

Таштагольское месторождение имеет блочное строение. Рудные тела секутся под углом 20° - 30° . Угол падения нарушений до 90° , простирание северо-западное, мощность от 0,5 до 3м. Зоны представлены выветрелыми дробленными перемятыми породами с гидроокислами железа и марганца. В совокупности с крутопадающими зонами на месторождении находится система пологих тектонических нарушений с углом падения от 5° до 30° .

По степени влияния выделенных геодинамически активных структур, вся территория горного отвода Таштагольского месторождения условно разделена на зоны – повышенного, умеренного и эпизодического влияния. Территориально зоны повышенного и умеренного влияния приурочены к узлам взаимных пересечений активных структур, зоны эпизодического влияния - к их створным примыканиям [4].

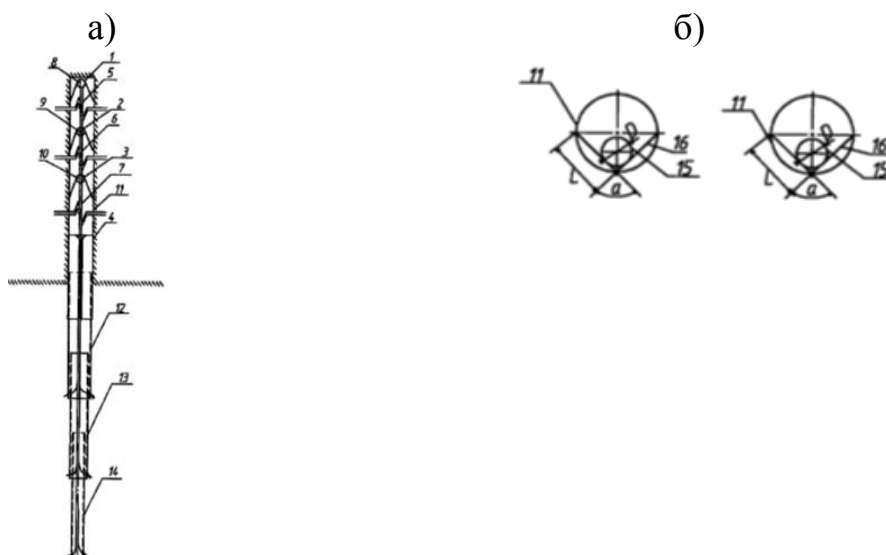
Все выделенные геодинамически активные структуры являются прогнозными. Их пространственное положение и характер негативного влияния на условия ведения очистной добычи должны быть уточнены непосредственно в процессе проведения горных работ [5].

Таштагольское месторождение с глубины 300 м следует отнести к склонным к горным ударам по признаку повышенной сейсмической активности территории горной Шории. Начиная с глубины ведения горных работ более 300 м Таштагольское месторождение отнесено к опасным по горным. На Таштагольском руднике совместно с научно - исследовательскими институтами осуществляются работы направленные на решение задач связанных с горными ударами.

В результате анализа технических решений отобранных в результате поиска патентной документации и научно-технической литературы установ-

лено, что прогнозирование горных ударов необходимо проводить как на стадиях разведки, так и в периоды строительства рудника и эксплуатации месторождения. Увеличение глубины отработки месторождений влечет за собой рост уровня напряжений и динамических проявлений горного давления. Требуется модернизация методов прогнозирования удароопасности, автоматизации процессов измерений и обработки результатов, уточнение критериев локального и регионального прогноза с учетом геодинамики месторождения. Следует использовать техническое решение по использованию глубинных реперов для контроля за состоянием кровли горной выработки, согласно патенту № 2627503 [6].

Реперная станция глубокого заложения (рисунок 4) и ее работа поясняется чертежами, где на рисунке 4,а представлен разрез шпура с элементами реперной станции, а на рисунке 4,б представлены реперы в шпурах диаметром 27-30 мм [6].



- 1 - базовый репер, 2 - замковый репер, 3 – замковый репер,
 4 – устьевая трубка (контурный репер), 5, 6, 7 -тросики, удерживающие
 индикаторы, 8, 9, 10 – тросики для извлечения реперов, 11 -шпур,
 12, 13 - индикаторы замковых реперов, 14 - индикатор базового репера,
 15 -спираль репера, 16 – разведенные концы спирали

Рисунок 4 - Извлекаемая глубинная реперная станция

Преимуществом использования решения является упрощение измерений и конструкции реперной станции, снижение стоимости прибора и измерительных работ при контроле состояния горного массива и выработок, а также извлечение глубинной реперной станции для повторного использования.

Библиографический список

1. К вопросу о предупреждении горных ударов на шахтах / П.В. Куракин, А.В. Володина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения , Сиб-

ГИУ, 2019 . – Вып. 23. – Ч. I : Технические науки. – С. 108-112.

2. Еременко А.А., Гайдин А.П., Еременко В.А. Обработка технологических блоков при массовом обрушении руд в условиях напряженно-деформированного состояния массива горных пород / А.А. Еременко, А.П. Гайдин, В.А. Еременко. - Новосибирск: Наука, 2017.-112с.

3. Жуков В.С., Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород.: / В.С. Жуков, Ю.О. Кузьмин.-М.: «Московский государственный горный университет», 2015. – 255с.

4. Курленя М.В. Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири: учеб.для вузов/ М.В. Курленя, А.А. Еременко, Б.В. Шрепп. - Новосибирск: Наука, 2018.-184с.

5. Внезапные разрушения почвы и прорывы метана в выработки угольных шахт.: / А.М. Морев, Л.А.Скляр, И.М. Большинский, С.М. Клойзнер, В.Т. Водолазский, В.В. Шерсткин. - М.: Недра, 2016.- 174 с.

6. Патент РФ №2627503 С1. Извлекаемая глубинная реперная станция. Патентообладатели : ООО "Сибирский научно-исследовательский институт углеобогащения" ООО "Сибниинуглеобогащение" / Ермаков А. Ю., Ермаков Е. А., Ванякин О.В. Дата подачи заявки: 17.05.2016г. Опубл: 08.08.2017г. Бюл. № 22.

УДК 622.831

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕТРИВАНИЯ И ГАЗОУПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ ПЛАСТОВ КОРОТКИМИ ЗАБОЯМИ

Фролов Ю.С.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Домрачев А.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: @rambler.ru*

В данной статье представлены мероприятия по уменьшению вредного воздействия газовой выделения метана на технологический процесс добычи угля в условиях разработки мощных пластов угольных шахт. Определены основные критерии выбора схемы проветривания и газоправления выемочных участков при отработке короткими забоями.

Ключевые слова: метановыделение, мероприятия, схемы проветривания и дегазации выемочного участка, схема дегазации, мощные пласты, короткие забои.

При разработке газоносных мощных угольных пластов газообильность выработок является одним из основных факторов, ограничивающих нагрузку на очистной забой и снижающих скорость проведения подготовительных

выработок [1-4].

Даже с подачей максимального количества воздуха не всегда обеспечивается снижение содержания метана до предельно допустимых концентраций. В настоящее время относительная метанообильность отдельных шахт превышает $50 \text{ м}^3/\text{т}$. В связи с высокой метанообильностью увеличивается опасность работ в шахтах и ограничиваются производственные возможности угледобывающих машин и агрегатов.

Выбор технологических схем проветривания и газоправления при отработке мощных пластов с высокой газоносностью и сложным газовым балансом выемочных участков сопряжен с особенно тщательным учетом всех известных факторов, обеспечивающих работоспособную схему проветривания и газоправления выемочного участка, в том числе и при отработке короткими забоями.

Схема проветривания и газоправления на угольной шахте должна обеспечивать: устойчивое проветривание и газоправления выемочного участка, как при рабочих, так и аварийных режимах, благоприятные условия для спасения людей и ликвидации аварии.

В условиях одновременной отработке слоев мощного пологого пласта в столбе с отставанием нижнего слоя относительно верхнего не более 30-40 м (половина первичного шага обрушения основной кровли) режим проветривания выемочных блоков следует проверять по опасности местных скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой и в очистной выработке у выработанного пространства под вентиляционным штреком [6]. На рисунке 1 представлена схема рекомендованная для проветривания выемочного блока с отводом метановоздушной струи по выработанному пространству и фланговой дренажной выработке при отработке мощных пологих пластов.

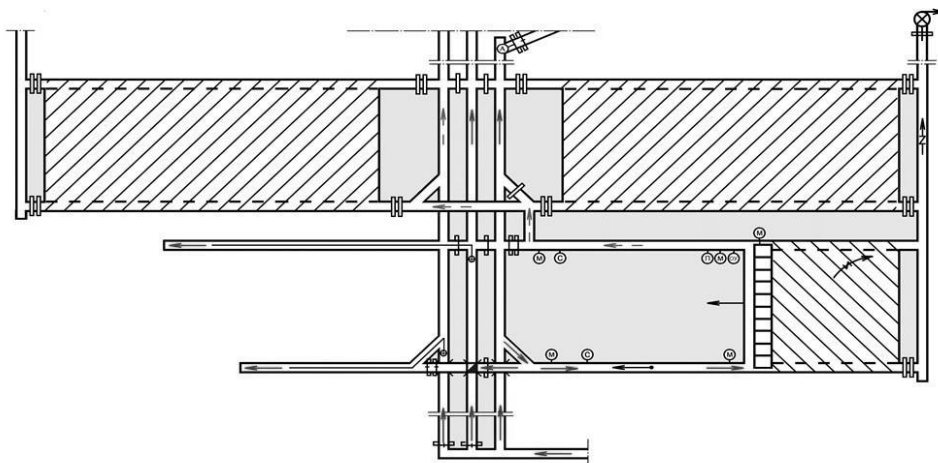


Рисунок 1 – Схема проветривания с отводом метановоздушной струи по выработанному пространству и фланговой дренажной выработке поверхностной (подземной) газо-отсасывающей установкой [6]

Представленная схема проветривания в большей степени приемлема в условиях разработки мощных пологих пластов короткими забоями с одновременной выемкой слоев.

Угленосная толща шахтного поля «Распадская-Коксовая» включает 16 угольных пластов различной мощности и выдержанности. В настоящее время горные работы ведутся по пласту III. Пласт III один из самых мощных пластов, выдержанный, строение от простого до сложного и очень сложного. Содержит более 8 прослоев породы, в среднем 2 - 3 прослоя мощностью 0,05 - 0,40 м представленных углистыми аргиллитами реже алевролитами, еще реже минерализованной породой [5]. Закономерность в расположении минерализованных прослоев (конкреций) мощностью 0,10 – 0,30 м в пласте отсутствует. Мощность пласта III колеблется от 7,86 до 13,03 м в среднем 10,64 м.

На рисунке 2 показаны две возможные схемы проветривания выемочных блоков для шахты «Распадская-Коксовая» при отработке шахтного поля короткими забоями. Воздух проходит через одну или несколько воздухоподающие центральные выработки с возвратом отработанного воздуха по двум (а) и одному (б) направлению [7].

Проветривание выемочных блоков при работе короткозабойных технологий обеспечивается в соответствии с требованиями нормативных документов. Аналогично работе выемочных участков при КСО ленточный конвейер располагается в центральной части выемочного блока.

В крайних воздухоподающих выработках монтируются «парусные системы», прикрепленных к кровле и почве выработки, имеющие открываемые проемы для прохода оборудования. Преимущество двунаправленной системы заключается в том, что каждый воздушный поток последовательно проветривает рабочие камеры половины панели.

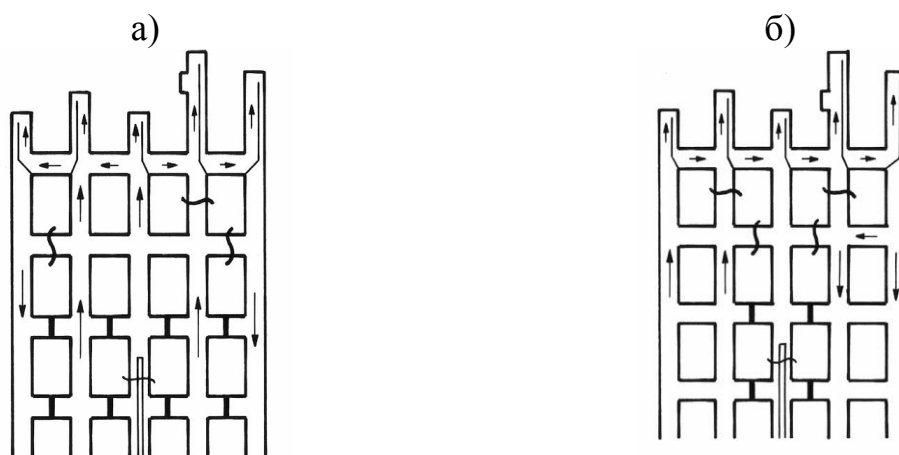


Рисунок 2 – Схема проветривания выемочного блока при короткозабойной технологии [7]: а - движение воздуха по двум направлениям (W - образная система); б - движение воздуха по одному направлению (U - образная система)

Следует отметить, двунаправленная схема проветривания обладает одним существенным недостатком: требуется дополнительное построение нескольких вентиляционных каналов, созданных между входом и выходом, поэтому объем монтажных работ удваивается.

Однонаправленная схема проветривания имеет высокую эффективность за счет уменьшения утечек.

Для условий шахты «Распадская-Коксовая» предложены следующие мероприятия по обеспечению эффективной схемы проветривания выемочного участка при короткозабойных технологиях:

– прямоточное проветривания выемочного блока, так как угол падения на верхних горизонтах синклинали превышает 10° ;

– при углах наклона очистной выработки (выемочной печи) менее 10° предполагается использование комбинированной схемы проветривания выемочного блока с отводом метановоздушной смеси по выработанному пространству и дренажными выработками поверхностной ГОУ [8].

Предложенная комбинированная схема проветривания выемочных блоков короткозабойных технологий не требует дополнительных изменений и проектных корректировок и обеспечивает высокую расчетную нагрузку на горно-шахтное оборудование и выемочный блок в условиях шахты «Распадская-Коксовая». Проектная и техническая документация шахты, связанная с вопросами борьбы с газом и пылевзрывозащитой, проходит экспертизу промышленной безопасности в государственных институтах, специализирующихся в области безопасности в угольной промышленности.

Выкопировка с плана горных работ представлена на рисунке 3.

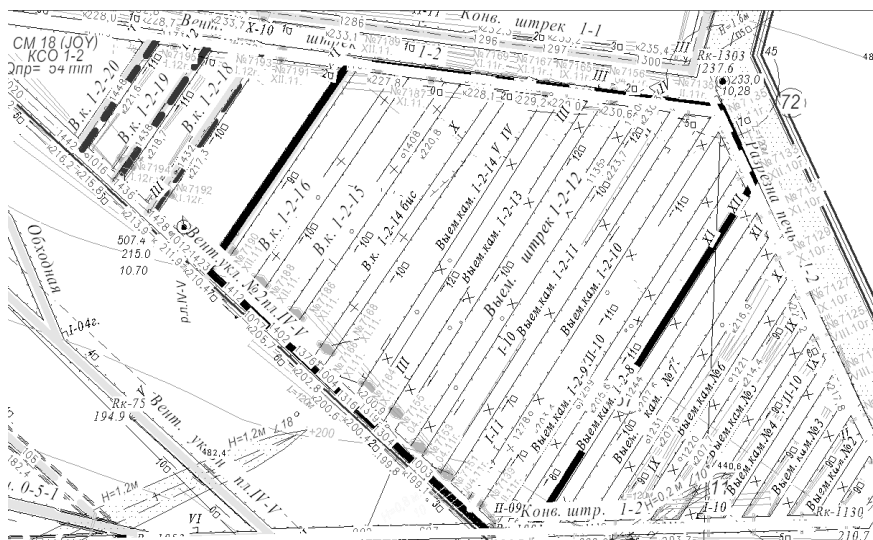


Рисунок 3 – Выкопировка из плана горных работ шахты «Распадская-Коксовая», отрабатываемого с использованием камерно-столбовой системы отработки

Применение комбинированных схем проветривания выемочных участков с целью обеспечения обособленного разделения метановоздушной

струи, дополнительно минимизировав это разделение по источникам выделения обеспечивает безопасность горных работ и максимально снижает риски аварийности на шахте.

Комбинированное проветривание выемочных блоков мощных пологих пластов при разработке короткими забоями в условиях шахты «Распадская-Коксовая» обеспечивает безаварийную работу выемочного блока с запланированными производственными показателями. Проводимые мероприятия по заблаговременной и пластовой дегазации до начала ведения очистных работ позволят повысить безопасность производственных процессов, снизить аварийные остановки, увеличить нагрузку по добыче угля. Применение комбинированной схемы проветривания выемочного столба с отводом метановоздушной смеси по выработанному пространству и дренажными выработками поверхностной газо-отсасывающей установкой (ГОУ) позволит обеспечить безопасное ведение выемочных работ из выемочных печей и диагональных заходок.

Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утверждённые приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19.11.2013 № 550 Редакция от 02 апреля 2015 года.

2. Разработка мероприятий по повышению устойчивости слоевых выемочных выработок / С.В. Риб, В.В. Басов, А.М. Никитина, Д.М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения, СибГИУ, 2016. – Вып. 20. – Ч. III : Естественные и технические науки. – С. 87-90.

3. Управление газовыделением на выемочных участках шахты «Октябрьская» / С.В. Риб, А.М. Никитина, Д.М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения, СибГИУ, 2019. – Вып. 23. – Ч. IV : Технические науки. – С. 100-103.

4. Сравнительный анализ технологий подготовки выемочного столба при отработке мощного угольного пласта / С.В. Риб, В.В. Микунов, В.А. Волошин // Вестник СибГИУ: сб. науч. ст. – Новокузнецк, 2015. – №1(11). - С. 27–32.

5. Дополнение к корректировке проекта строительства шахты «Распадская-Коксовая» ОАО «Южкузбассуголь» в Междуреченском районе «Кузбасса» в части доработка пласта III, 2012. – 188 с.

6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / Кол. авторов. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1989. – 319 с.

7. Malcolm J. McPherson Subsurface Ventilation Engineering Chapter 4. Subsurface Ventilation Systems [Электронный ресурс] / Malcolm J. McPherson, 1993. – Режим доступа: <https://mafiadoc.com/>.

8. Тимошенко А. М. Предложения по безопасному применению нисходящих схем проветривания очистных забоев / А. М. Тимошенко // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2008. – № 2. – С. 94-97.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕХОДУ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАБОЯ ПЕРЕДОВЫХ ВЫРАБОТОК БЕЗ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ

Шамсудинов В.Н., Ногих А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: @rambler.ru*

В данной статье представлены мероприятия по переходу механизированным забоем передовых выработок в пределах выемочного участка угольных шахт. Представлены основные технологические решения ведения горных работ при переходе разрезных печей и разработаны рекомендации по выбору основных средств для работы механизированного комплекса без снижения нагрузки на очистной забой.

Ключевые слова: нагрузка на очистной забой, комплексно механизированный забой, передовая выработка, технологические мероприятия, разгрузка углепородного массива, шахтный мониторинг.

Показатели работы высокопроизводительных очистных комплексно-механизированных очистных забоев (КМЗ) на угольных шахтах зависят от множества факторов, в том числе от результатов перехода КМЗ геологических нарушений и передовых выработок.

По результатам анализа фактических графиков добычи угля при переходе КМЗ передовых горных выработок установлено, что нагрузка на забой снижается более чем на четверть. Нормативные документы и методические указания, обеспечивающие прогноз параметров безопасного и эффективного перехода КМЗ передовых диагональных выработок, отсутствуют. В этой связи актуальной научно-практической задачей является создание методики прогноза параметров безопасной и эффективной технологии перехода КМЗ передовых выработок.

На протяжении многолетнего опыта работы шахты «Осинниковская» переезд очистным забоем передовых выработок, в том числе разрезных печей сопряжен с рядом существенных трудностей. Прежде всего, это связано с потерей устойчивости крепи выработок, разрушением сокращающегося по ширине целика угля, с появлением куполов и вывалов угля с боков выработки [1].

Снижение добычи угля и повышение риска аварийности в очистном забое, при переезде ранее пройденных пластовых выработок привело к необходимости выполнения научно – исследовательских работ по разработке мер, приводящих к ликвидации простоев при переезде комплексом передовых выработок.

В ряду научных исследований и передового опыта зарубежных и оте-

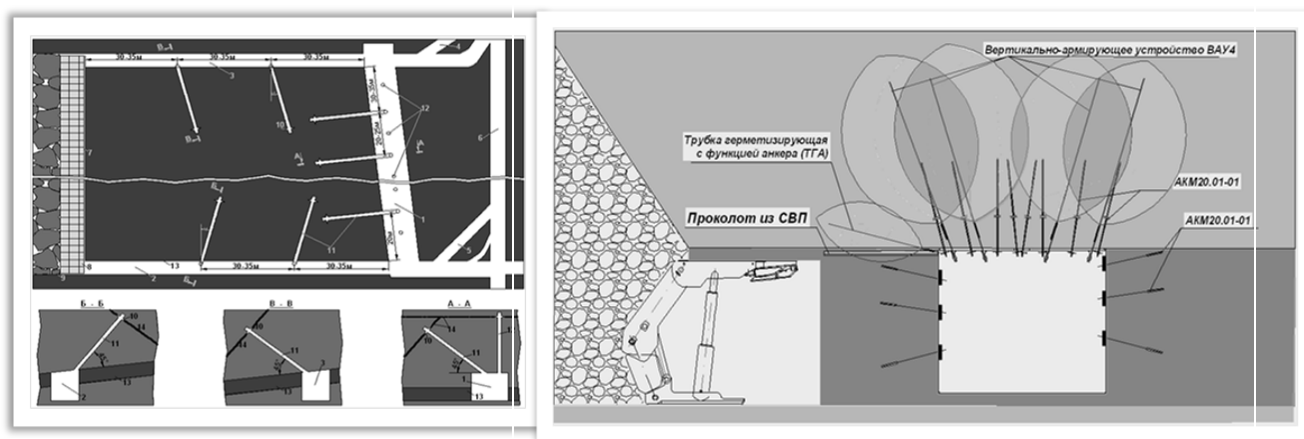
чественных шахт накоплен положительный опыт работы, связанный с устранением негативного влияния горного давления в передовой выработке [2,3]. На рисунке 1 представлены технологические мероприятия по переходу передовых выработок механизированным комплексом.

Основные технические решения при переходе передовых выработок механизированным очистным забоем.

1. Разупрочнение пород кровли перед очистным забоем с помощью гидроторпедирования для принудительной посадки основной кровли. Наибольшие нагрузки на крепь передовой выработки при подходе очистного забоя возникают при зависании прочных пород основной кровли.

2. Упрочнение неустойчивых слоев непосредственной кровли и полимерными скрепляющими составами для предотвращения преждевременного разрушения непосредственной кровли и куполения перед очистным забоем.

3. Усиление крепи выработки анкерной или подпорной крепью с повышенной несущей способностью. При потере несущей способности крепи выработки происходит обрушение пород над целиком с образованием куполов значительных размеров.



а)

б)

Рисунок 1 – Проведение мероприятий по безаварийному переходу механизированного очистного забоя передовой выработки:

- а) схема расположения шпуров для нагнетания смолы Геофлекс из призабойного пространства; б) схема упрочнения при трещиноватых породах непосредственной кровли [4]

Для выявления оптимального решения поставленной задачи необходимо произвести поиск альтернативных, малозатратных технологических решений, обеспечивающих безаварийный переход очистным забоем передовой выработки с сохранением плановых объемов добычи угля.

Расчет параметров крепи усиления разрезной печи 4-1-5-7 в условиях шахты «Осинниковская» выполнен в соответствии с требованиями «Инструкций...» [5] с учетом горно-геологических условий ведения горных работ. На основании выполненных расчетов обоснована необходимость возве-

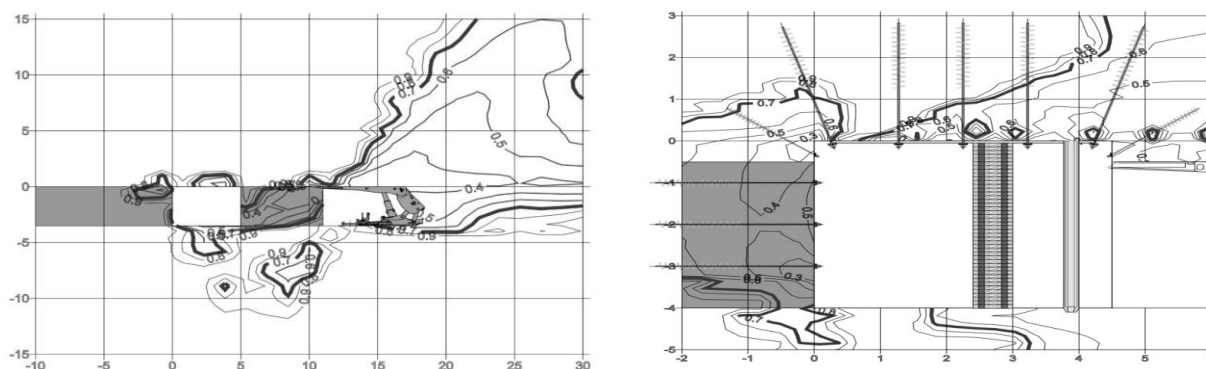
дения дополнительной крепи усиления для обеспечения безопасного поддержания выработки при переходе ее очистным забоем.

Согласно выполненному расчету, на сопряжении конвейерного штрека с разрезной печью предусмотрено:

- основная крепь - рамная крепь КМП-Т, с шагом установки не более 0,8 м;

- крепь усиления - 3 деревянные рудничные стойки под каждый верхняк рамной крепи КМП-Т, камерная рама-балка – двутавр №40, длиной 5,3м, на двух опорах из швеллера №40 (спаренного) либо труб и 10 опорах из деревянных рудстоек, - анкерная крепь, анкеры типа АК20 (ВАУ4) длиной не менее 5,5 м, под металлическую шайбу 300x300x8 мм в сочетании с металлической шайбой 125x125x8 мм, быстровозводимые бетонные тумбы диаметром 0,9 м, под бесконечный продольный подхват из СВП22, с шагом установки 3,0 м. Выбор крепи усиления осуществлялся с учетом численного моделирования условий перехода очистным забоем разрезной печи. Для обеспечения разгрузки угольного пласта заблаговременно до подхода механизированного комплекса проведены мероприятия по снижению напряженно деформированного состояния массива в окрестности разрезной печи методом бурения разгрузочных скважин с параметрами: диаметр 130 мм, шаг бурения 1,1-1,2м.

На рисунке 2 представлены результаты моделирования НДС вмещающих пород при переходе комплексом передовой выработки.



а) При подходе механизированного комплекса к выработке на 6 м

б) Вход механизированного комплекса в разрезную печь

Рисунок 2 - Изменение остаточной прочности пород к первоначальной

Основным фактором, определяющим необходимость создания методики шахтного мониторинга за состояние крепи и вмещающих пород являются негативные проявления горного давления, возникающие в виде интенсивного отжима угля с боков, куполения и вывалов с кровли, деформации элементов крепи в выработке [6].

Результаты мониторинга позволят скорректировать мероприятия по переходу механизированным комплексом ранее пройденной выработки, своевременно выявить признаки опасных ситуаций, рационально выбрать

мероприятия по усилению крепи, что обеспечивает безопасность ведения горных работ.

На основании предыдущего опыта перехода комплексно-механизированным забоем передовых выработок на пласту Е-5 шахты «Осинниковская» разработаны мероприятия по безопасной и безаварийной работе забойного оборудования выемочного участка 4-1-5-7.

С целью реализации вышеуказанных требований на основании результатов расчетов параметров крепи разрезной печи 4-1-5-7, анализа горно-геологической информации, опыта ведения работ на больших глубинах в аналогичных горно-геологических условиях, результатов ситуационного (численного) моделирования геомеханических процессов при работе очистного забоя 4-1-5-7, рекомендуется:

- выполнять мероприятия по предварительному упрочнению пород непосредственной кровли пласта полимерными составами;

- выполнять мероприятия по разгрузке массива скважинами, отбуренными в угольный пласт в бока выработок;

- производить обязательную установку крепи усиления разрезной печи 4-1-5-7, а также сопряжений конвейерного штрека 4-1-5-7 с разрезной печи 4-1-5-7 и вентиляционным штреком;

- обеспечить максимальные темпы въезда в разрезную печь при ширине целика между выработкой и очистным забоем 7,0м и менее.

Выполнение вышеуказанных мероприятий позволят безаварийно и с поддержанием заданного объема добычи угля выполнить переход передовой выработки комплексно-механизированным забоем.

Библиографический список

1. Переход очистным забоем зон геологических нарушений в условиях ООО «Шахта «Осинниковская» / А.А. Сухоруков, С.В. Риб, А.М. Никитина, Д.М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения, СибГИУ, 2019. – Вып. 23. – Ч. VII : Технические науки. – С. 272-275.

2. Численное моделирование методом конечных элементов напряжённо-деформированного состояния углепородного массива при переходе очистным забоем передовой выработки / С.В. Риб, В.А. Волошин, В.Н. Фрянов, А.А. Максимов, Д.М. Борзых, А.М. Никитина // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №3. – С. 414–422.

3. Геомеханическое обоснование параметров технологии отработки угольных пластов в зоне взаимовлияния очистного пространства и передовой выработки / В.М. Серяков, С.В. Риб, В.В. Басов, В.Н. Фрянов // ФТПРПИ. – 2018. – № 6. – С. 21 – 30.

4. Чубриков А.В. Применение полимерных технологий для повышения эффективности и безопасности горных работ / А.В.Чубриков // Безопасность труда в промышленности. – 2006. - №9. – С 233-236.

5. Федеральные норма и правила в области промышленной безопасно-

сти «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» (Приказом Ростехнадзора №610 от 17.12.2013г.)

6. Техническая документация ООО «Шахта «Осинниковская».

УДК 622.831

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ И ТУШЕНИЮ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ШАХТАХ ЮГА КУЗБАССА

Моисеев А.А., Никитина А.М., Риб С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: n939tu@yandex.ru*

В данной статье рассмотрены возможные мероприятия по предупреждению и тушению эндогенных пожаров на угольных шахтах Кузбасса. Сложность борьбы с самовозгоранием угля в основном обусловлена тем, что большая часть эндогенных пожаров в Кузбассе возникает в выработанном пространстве, что существенно затрудняет обнаружение процесса самовозгорания, определение местонахождения и параметров очага.

Ключевые слова: эндогенные пожары, анализ, выработанное пространство, пена, антипирогены, угольная шахта.

В современной мировой угледобывающей промышленности тушение подземных пожаров является одним из наиболее дорогостоящих мероприятий. Вопросы предупреждения и ликвидации пожаров на угольных шахтах России имеют первостепенную важность для развития горной отрасли. Эндогенные пожары, возникающие от самовозгорания угля, являются наиболее распространенным видом аварий на угольных шахтах Кузбасса [1, 5, 7].

Применяемые в настоящее время способы и средства по тушению пожаров к сожалению, недостаточно эффективны. Пожар тушится методом изоляции, что ведет к потере очистных и значительных объемов консервируемых при этом запасов угля. Поэтому потенциальная опасность самонагревания угля и взрывов метано-пылевоздушных смесей всегда остается, требуя разработки качественно новых способов борьбы с пожарами. Конечно, к технологическим процессам при проведении выработок, и ведении очистных работ с высокой скоростью продвижения, предъявляют особые требования к охране труда и технике безопасности.

Так же, применяемые на шахтах схемы проветривания с изолированным отводом метановоздушной смеси через выработанное пространство фактически предполагают проветривание выработанного пространства (через выработанное пространство проходит 30 – 40% воздуха, подаваемого на выемочный участок) [1, 2]. Создаются предпосылки активизации окисли-

тельных процессов в потерях угля, что приводит к возникновению очагов самонагрева угля в выработанном пространстве и формированию эндогенных пожаров.

Так, в 2010-2013гг на предприятиях в зоне обслуживания Новокузнецкого ВГСО в выработанных пространствах выемочных участков было зарегистрировано 11 эндогенных пожаров [8].

Целью работы - проведение анализа рекомендаций по профилактике и тушению эндогенных пожаров на шахтах юга Кузбасса.

Сложность борьбы с самовозгоранием угля в основном обусловлена тем, что большая часть эндогенных пожаров в Кузбассе возникает в выработанном пространстве, что существенно затрудняет обнаружение процесса самовозгорания, определение местонахождения и параметров очага. Серьезные трудности представляет и тушение таких пожаров. Для предотвращения попадания токсичных продуктов горения в действующие выработки и снижения концентрации кислорода в зоне горения пожарный участок приходится изолировать. Подача хладагента в таких случаях зачастую малоэффективна из-за отсутствия достоверных данных о местонахождении очага [1].

В настоящее время основным способом обнаружения самовозгорания угля в выработанном пространстве шахт является анализ рудничной атмосферы на содержание индикаторных газов, к которым относят оксид углерода, водород, предельные и непредельные углеводороды. Однако результаты исследования показали, что такие газы выделяются также при низкотемпературном окислении и разрушении угля, что существенно затрудняет идентификацию очагов самовозгорания в выработанном пространстве по составу рудничной атмосферы.

Анализ статистических данных показал, что добыча угля на шахтах Кузбасса сопровождалась возникновением эндогенных пожаров в течение всего периода эксплуатации угольного месторождения (рисунок 1).

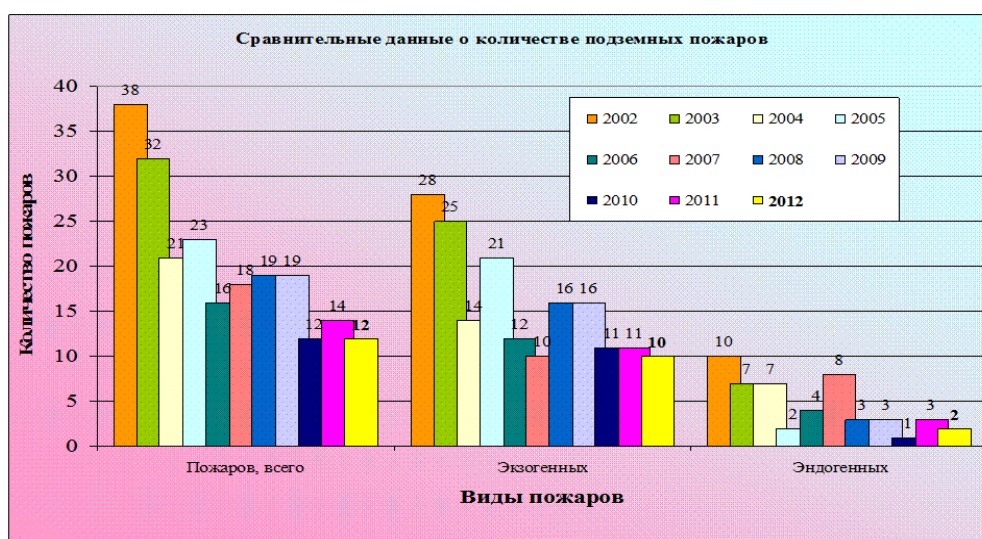
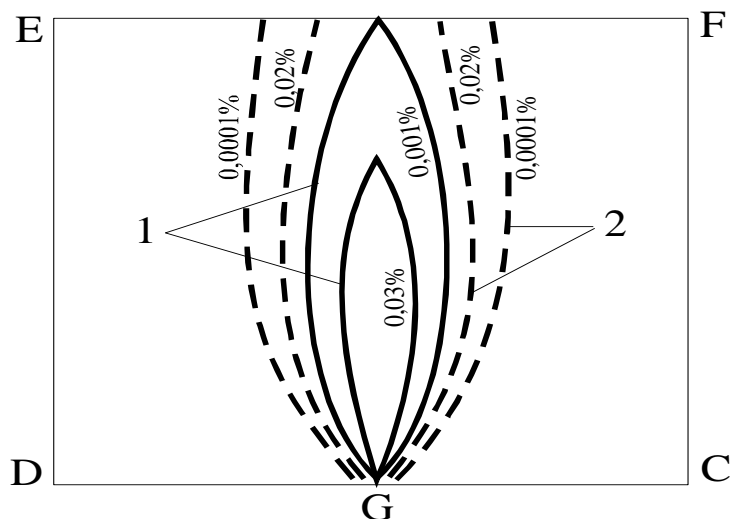


Рисунок 1 – Количество подземных пожаров на шахтах Кузбасса [1]

Для ускорения выявления эпицентра газовой аномалии разработан способ газовой съемки, предусматривающий определение величины градиента концентрации из контрольной точки по всем направлениям. Затем замер продолжается в направлении максимального градиента концентрации до выявления эпицентра аномалии (рисунки 2, 3) [2].



1 – в момент выхода газа на поверхность; 2 – стационарная газовая аномалия

Рисунок 2 – Распределение концентрации газа в горных породах

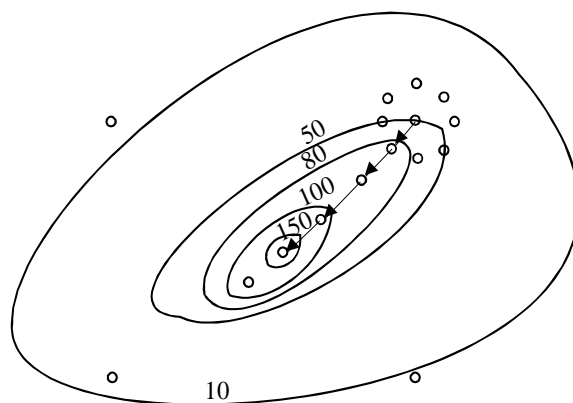


Рисунок 3 – Определение эпицентра газовой аномалии по градиенту концентрации индикаторного газа [2]

Добавка к углю индикаторных добавок, выделяющих при нагревании летучие компоненты, неспецифичные для рудничной атмосферы, может быть одним из эффективных способов обнаружения и локализации очагов самовозгорания угля. Так, разбивка опасных по самовозгоранию областей на отдельные сектора и введение в каждый из них различных индикаторных добавок позволит определять с необходимой точностью местонахождение очага. Этой цели можно добиться и с помощью одного индикатора, если известен путь и скорость распространения индикатора в выработанном пространстве. Зная температуру, при которой происходит интенсивное выделение летучего индикатора, можно оценить стадию развития очага самовозго-

рания (для упрощения это могут быть ароматические вещества).

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что для обнаружения и локализации очагов самовозгорания угля на ранних стадиях развития нецелесообразно применение легкокипящих жидкостей, например жидкого хладона 114В2. Наиболее эффективной добавкой, позволяющей фиксировать нагрев угля, могут быть микрокапсулированные жидкости, кипящие при температуре, соответствующей начальным стадиям процесса самовозгорания. В качестве носителей микрокапсул в выработанном пространстве может использоваться пена [2].

Опасность эндогенных пожаров, регистрируемых в шахтах, существенно возрастает из-за низкой эффективности способов тушения очагов самовозгорания, возникающих в выработанном пространстве.

Для реализации технологических схем с использованием различного состава минералов (глина с твердыми включениями, отходы флотации, зола-унос ТЭЦ, мелкогранулированный шлак, инертная пыль, цемент и др.) разработан ряд оборудования, например, модель устройства типа УВГП-5 [3].

В США Национальный Институт Профессиональной Безопасности и Здоровья (NIOSH) разработал компьютерную модель на основе шахтной аэростатики, аэродинамики и гидравлики (обычно называемая "CFD"), которая воссоздает поведение шахтной вентиляционной струи при возникновении аварийной ситуации.

Также проведены важные исследования, которые показали необходимость использования насыщенной азотом пены. При увеличении азота резко возрастает огнетушащая способность применяемой пены.

Также сейчас проходит проверку новая временная надувная установка преграждения потока воздуха. Она быстро возводится, что позволит в короткие сроки изолировать загазированные участки. Это поможет не допустить распространения вредных, токсичных газов по другим выработкам шахты [4].

Несомненный вклад в борьбу с подземными пожарами будет вноситься с помощью новейших компьютерных программ, которые позволят моделировать пожары, решать проблемы выбора вентиляционного режима проветривания, установки преград. Кроме того, данные программы показывают наиболее безопасные маршруты для входа горняков на поверхность и для подхода к пожару отрядов горноспасательных служб, т.е. основной заслугой таких программ является возможность использования их для прогнозирования аварийных ситуаций.

Также будет продолжаться исследование в области дистанционного тушения пожаров. Особенно тестирование использования инертных газов, что на сегодняшний день является одним из приоритетных направлений. Неопровержимым фактом является то, что наиболее важным является работа с работниками угледобывающей промышленности. Шахтеры должны неукоснительно соблюдать технику безопасности и знать все свои действия во время аварийных ситуаций.

В горных выработках прокладывается сеть пожарно-оросительных трубопроводов диаметром не менее 100 мм и расходом воды для магистральных линий не менее 0,022 м³/с и участковых — 0,014 м³/с (при давлении воды на выходе из пожарных кранов 0,6-1,5 МПа). У каждой приводной головки ленточного конвейера размещаются стационарные автоматические установки водяного пожаротушения, а на вентиляционных выработках участков, оборудованных гидрофицированными выемочными комплексами, – переносные установки. В горных выработках и камерах размещаются порошковые ручные огнетушители и порошковые передвижные установки (с зарядом 250 и 500 кг). С целью локализации пожара в ограниченном объёме горных выработок в верхних и нижних частях капитальных уклонов, бремсбергов и ходков при них, в устьях шурфов и капитальных скатов, по которым подаётся свежий воздух, а также в устьях всех вертикальных стволов, на каждом выходе из подземных камер сооружаются пожарные двери или ляды.

В выработках, закрепленных анкерной крепью, пожарно-оросительный трубопровод прокладывается по почве, со стороны прохода для людей, с укладкой труб на бетонные (несгораемые) опоры или опоры из бетонной заделки, которые располагаются таким образом, чтобы каждая труба имела не менее двух опор. Конструкция опор должна допускать смещение труб в продольном и поперечном направлении. Кроме того, допускается подвеска трубопровода за дополнительные анкеры. На пересечении выработок допускается расположение ПОТ в заглублениях по почве или под кровлей сопряжения [7]. Пожарно-оросительный трубопровод постоянно заполнен водой.

Рекомендуется для локализации пожаров в горных выработках и камерах размещать пожарные двери с ручным или автоматическим действием, сооружать пожарные арки, устанавливать каменные или бетонные перемычки с проемами, устья стволов шахт и шурфов, по которым подается свежий воздух, оборудовать металлическими лядами.

Предлагается, для снижения эндогенной пожароопасности, на пластах угля, склонных к самовозгоранию, выработанное пространство заполнять жидкостью (антипироген) по мере подвигания очистного забоя, что позволит значительно повысить безопасность ведения горных работ.

Антипирогены следует применять в виде жидкостей, пен, заиловочных и (или) вспененных суспензий, порошков, инертных газов, водных растворов солей, пенообразователей, гелей, сухих и (или) жидких аэрозолей.

Данные рекомендации с целью профилактики и тушения эндогенных позволят своевременно ликвидировать пожароопасные участки, что позволит значительно повысить безопасность ведения горных работ.

Библиографический список

1. Скрицкий В.А. Эндогенные пожары в угольных шахтах, природа их возникновения, способы предотвращения и тушения / В. А. Скрицкий, А. П. Федорович, В. И. Храмцов. - Кемерово : Кузбассвузиздат, 2006 (Кемерово :

Кузбассвуиздат). - 171 с.

2. Кондаков В.М. Разработка и совершенствование средств противопожарной защиты горных выработок угольных шахт – Кемерово, 2002.–138 с.

3. Устройство вспенивания глинистой пульпы УВП-4А [Электронный ресурс]. // Режим доступа: http://ukrsk.com.ua/ustro_vspen_glin_pul.html

4. Повышение безопасности и эффективности использования азота для борьбы с самовозгоранием угля в выработанном пространстве шахт [Электронный ресурс] // Режим доступа: <file:///C:/Users/User/Downloads/povshenie-bezopasnosti-i-effektivnosti-ispolzovaniya-azota-dlya-borb-s-amovozgoraniem-uglya-v-v-rabotannom-prostranstve-shaht.pdf>

5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2011 – 200с.

6. Борзых Д.М. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2015 г. Вып. 19. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 26–28.

7. Предупреждение и локализация эндогенных пожаров в угольных шахтах / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 23. Ч. 4 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – С. 89-92.

8. Справка по результатам целевой проверки эндогенной пожароопасности угольных шахт, обслуживаемых ФГУП «ВГСЧ». – г. Новокузнецк, 2011. - 4с.

УДК 622.864:622.4

ВЕНТИЛЯЦИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Павздерин К.А., Герлинская С.Д.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kirill_03_04@mail.ru*

В данной статье рассматривается проблема проветривания глубоких карьеров в условиях крайнего севера, предложены способы снижения уровня

загазованности глубоких карьеров, внедрение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы.

Ключевые слова: вентиляция, вентиляторные установки, крутонаклонный конвейер, карьер.

Запасы полезных ископаемых Крайнего севера представляют большую ценность, в связи с чем, их освоение является приоритетной целью. Специфика природных условий Крайнего Севера обуславливает их влияние на ведение горных работ. В большей степени добыча полезных ископаемых ведется открытым способом. Глубина карьеров в настоящее время достигла более 700 м. Основной проблемой таких глубоких карьеров является загазованность. Сопутствующими факторами загрязнения рудничного воздуха являются: низкая температура воздуха, выхлопные газы от транспорта и ведение взрывных работ.

Целью работы является – снижение уровня загазованности глубоких карьеров в условиях вечной мерзлоты, а также внедрение циклично-поточной технологии транспортирования горной массы.

Решение вопроса загазованности в данной работе осуществляется на примере карьера «Юбилейный», расположенного в Республике Саха (рисунки 1, 2).

Месторождение находится в верховьях реки Мархи в пределах Алаakit-Мархинского кимберлитового поля, расположенного в юго-западной части Далдыно-Алаakitского алмазоносного района.

Район месторождения находится в зоне многолетнемерзлых пород, глубина сезонной оттайки варьирует от 0,2-0,4 до 2-3 м.

Аэродинамика искусственной вентиляции карьеров рассматривает вопросы развития во внутрикарьерном пространстве воздушных струй, создаваемых вентиляционными карьерными установками. Её задача – определение мест расположения и схем совместной работы установок, обеспечивающих эффективную общую или местную вентиляцию карьера [1-3].

Газопылевая динамика рассматривает вопросы движения вредных примесей (газов, пыли) в атмосфере карьеров и за её пределами, закономерности распространения и параметры газопылевых потоков, образующихся в карьере в результате технологических и естественных процессов, методы активного воздействия на очаги загрязнения, теоретические основы разработки комплекса мероприятий по нормализации состава воздуха в карьерах и определения размеров санитарно-защитных зон. Для решения этих вопросов могут применяться различные программные комплексы, как для шахт, так и для карьеров [4,5].

Основной метод исследования аэрологии – теоретический анализ в сочетании с экспериментальным изучением и натурными наблюдениями.

Существует два способа проветривания карьеров – естественный и искусственный

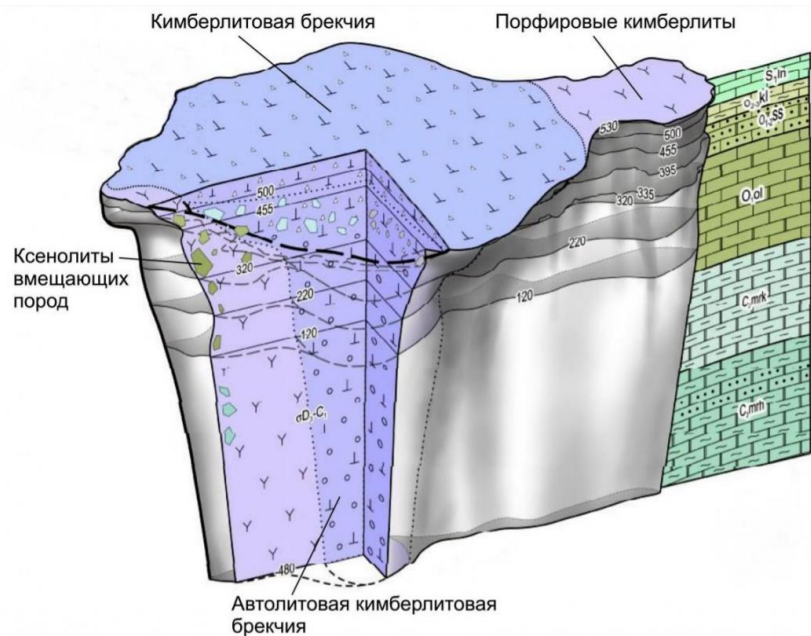


Рисунок 3 – Схема геологического строения трубки «Юбилейная»



Рисунок 4 – Карьер трубки «Юбилейная»

Естественное проветривание карьеров осуществляется энергией ветра и термическими силами. Естественный механизм очистки воздуха становится малоэффективным при инверсии температуры, когда происходит резкое ослабление потока тепла от почвы к приземному слою воздуха, скопление холодного воздуха под слоем теплого, что приводит к устойчивому состоянию атмосферы. Устойчивое состояние атмосферы, в отличие от неустойчивого, не только не способствует развитию конвективных течений, но и, наоборот, подавляет их, что приводит к накоплению вредных веществ в приземном слое атмосферы.

Искусственное проветривание карьеров (вентиляция карьера) применяется для создания таких атмосферных условий в карьере, которые необходимы для нормального ведения работ, когда естественное проветривание карьеров этого не обеспечивает [2].

Наиболее эффективно с этой задачей справляются вентиляторные установки на базе авиационной техники. Одной из таких является вентиляторная установка АИ-20КВ, созданная на базе турбовинтового двигателя АИ-20 от самолета ИЛ-18 с 4-х лопастным винтом диаметром 4,5 м и с системой орошения. Она смонтирована на платформе, перевозимой автомобилем КраЗ-256, создает неизотермическую струю дальностью 800 м, расходом воздуха 45000 м³/с и обеспечивает гидрообеспыливание застойных зон карьера объемом до 60 млн. м. Для лучшего проветривания рекомендовано применение нескольких установок.

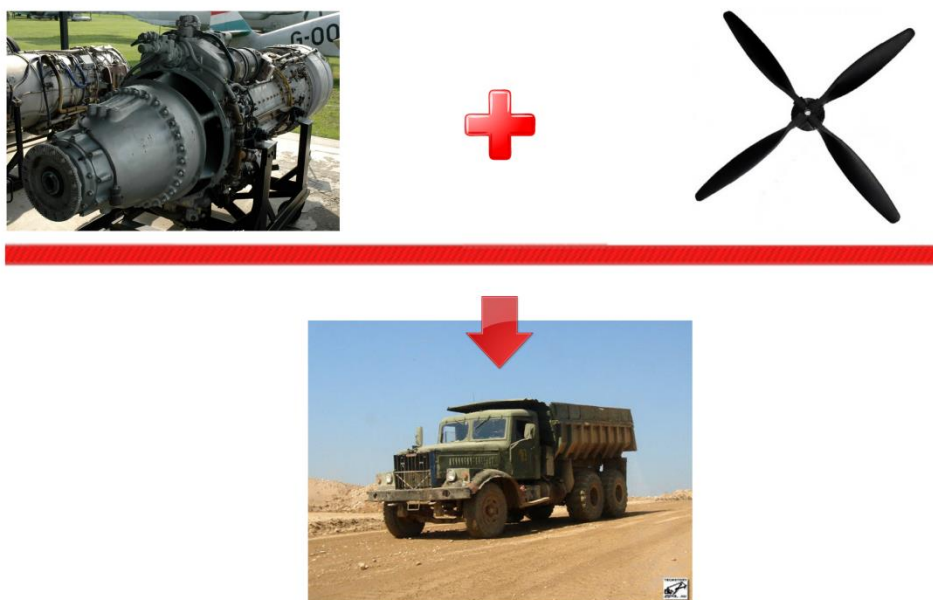


Рисунок 5 – Схема вентиляторной установки АИ-20КВ

Еще одной проблемой рудничной атмосферы является применение автотранспорта, работающего на дизельном топливе. Основными из них являются самосвалы и БелАЗ-7513А и Unit Rig МТ3300. В результате работы такого транспорта в атмосферу в больших количествах выбрасываются оксиды углерода, азота и углеводорода.

Для решения данной проблемы предлагается внедрение крутонаклонного конвейера, рисунок 4.

Крутонаклонный конвейер представляет собой универсальную экономическую систему для непрерывного поднятия горной массы с одного уровня на другой. Данный конвейер перемещает материалы под очень крутыми углами (любое значение до 90° включительно) и на большую высоту при производительности свыше 8000 метрических тонн в час, экономя до 50 за-

трат на перемещение материалов. Также он полностью исключает или сокращает объемы перевозки горной массы карьерными самосвалами, уменьшая как время, так и затраты на их техобслуживание (стоимость рабочей силы, топлива и пр.) [6].



Рисунок 6 – Пример крутонаклонного конвейера

Вывод. В результате внедрения на глубоких карьерах вентиляторных установок на базе авиационной техники обеспечивается проветривание карьера, что приводит к сокращению его времени простоя. В свою очередь внедрение крутонаклонного конвейера позволит сократить выбросы ядовитых газов в рудничную атмосферу, сократить расходы на обслуживание карьерных самосвалов и уменьшит время на транспортировку горной массы.

Библиографический список

1. Ушаков К.З. Аэрология карьеров / К.З. Ушаков, В.А. Михайлов. – М.: Недра, 1985. – 272 с.
2. Никитин В.С. Проветривание карьеров [Текст] / В.С. Никитин, Н.З. Битлоков. – М.: Недра, 1975. – 254 с.
3. Бересневич П.В. Аэрология карьеров: справочник / П.В. Бересневич, В.А. Михайлов, С.С. Филатов. – М.: Недра, 1990. – 280 с.
4. Козырев С.А. Пути нормализации атмосферы глубоких карьеров // С.А. Козырев, П.В. Амосов / Вестник Мурманского государственного технического университета . - 2014. - №2(17). - С. 231-237.
5. Обоснование аэрогазодинамических параметров угольной шахты в условиях возникновения экзогенного пожара с использованием программного комплекса «вентиляция 2.0» / Киселев Д. А., Елхимов Д. Е., Никитина А.М., Риб С.В. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Вып. 22. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-

т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 66-70.

б. Разработка мероприятий по совершенствованию системы приемки, погрузки и отправки угольной продукции потребителям / Куликова Е.Н., Никитина А.М., Риб С.В., Борзых Д.М. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 1–3 июня 2016 г. Вып. 20. Ч. 3 : Естественные и технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – С. 76–79.

УДК 622.275

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГОРНО-ШАХТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Садов Д.В., Дубина Е.М.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ganjman69@gmail.com*

В данной статье приведено оборудование и методы его модернизации для технологии доработки остаточного угля с борта разреза. Технологические решения, описанные в статье, позволят сократить количество людей в выработках и перевести оборудование на дистанционное управление.

Ключевые слова: дистанционное управление, горно-шахтное оборудование, диспетчер, безлюдная выемка.

Двадцать первый век - это век безлюдных технологий. Техника сейчас очень разнообразна и присутствует абсолютно на любом предприятии, особенно в сфере угледобычи. Если раньше добыча проходила с помощью ручного труда человека, то сейчас основные процессы полностью механизированы [1,2] и остро стоит вопрос автоматизации производственного процесса. Повсеместно используют высококачественные комбайны, самоходные вагоны, конвейеры, бурильные установки и т. д. Основное забойное и шахтное оборудование работает на электроэнергии, по причине широкого распространения и наибольшего удобства.

Электрооборудование требует соблюдения определенных норм установки и схемы взаимодействия для достижения эффективной работы. Создание системы автоматизированного контроля за работой всей технологической схемой подготовительного очистного оборудования угольных шахт является сегодня первоочередной задачей, которая очень важна для производства. Сейчас на практике осуществляются попытки ввода высоких технологий в процессе добычи угля начиная от стационарных датчиков контроля

метана, до автономных самоходных вагонов и беспилотных очистных комбайнов (рисунок 1,2). Для обеспечения работы с удаленным доступом этого оборудования используются микросхемы различных видов и размеров. Микросхема без соответствующего программного обеспечения представляет собой «кусочек пластика», поэтому программное обеспечение (далее ПО) является важной частью современной системы и отдельного устройства [3].

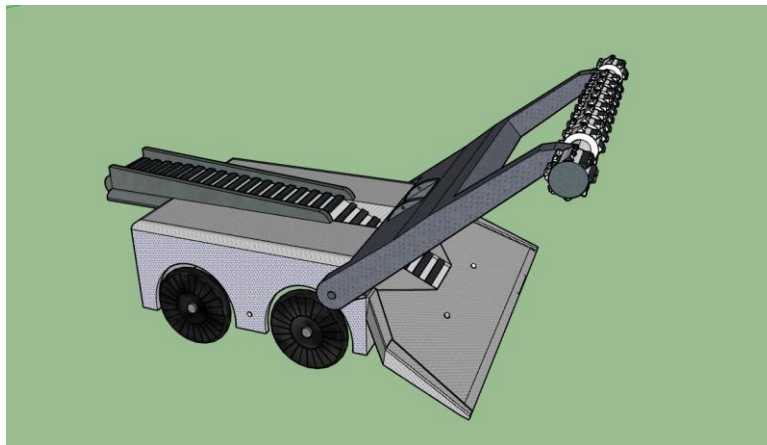


Рисунок 1 – Экспериментальный очистной комбайн

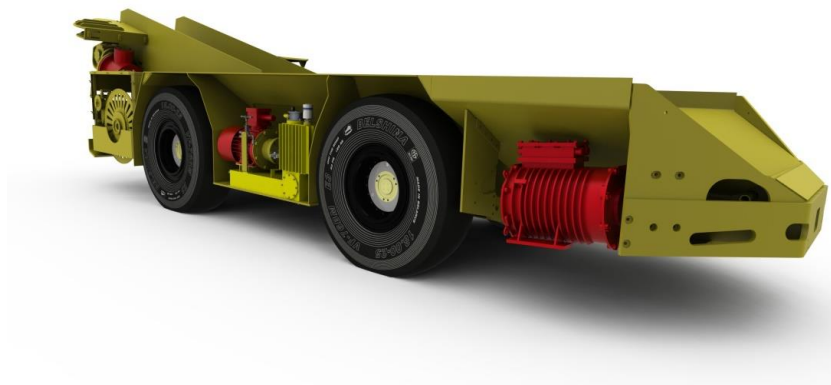


Рисунок 2 – Беспилотный самоходный вагон

Для технологии безлюдной выемки, разрабатываемой инициативной группой, используется две основные «машины», - это очистной комбайн непрерывного действия и самоходный вагон. На данных устройствах планируется установить несколько датчиков: датчик расстояния, основная камера, камера ночного виденья, гамма-детектор и тепловизор.

Детекторы гамма-излучения измеряют радиоактивное излучение естественного происхождения. Такое естественное гамма-излучение испускается радиоактивными элементами, содержащимися в породах, калием (К), торием (Тн) и ураном (U). Калий и торий тесно связаны с присутствием глинистых минералов в сланцах (иллит, каолинит и монтмориллонит), в то время как уран может быть обнаружен в песках, сланцах и в определенных углеводородных породах. Наибольшее влияние на значение естественного гамма-излучения оказывает калий, так как его содержание в горных породах со-

ставляет 1-3 %. Содержания тория в горных породах составляет $1...12 \cdot 10^{-4}$ %, а урана $0,1...4 \cdot 10^{-4}$ %. Радиоактивное излучение калия является ярко выраженным, с единственным значением энергии в 1,46 МэВ. Торий и уран испускают радиоактивное излучение в определенном диапазоне энергий, но с определенной пиковой частотой. Эти пики характеризуются тем, что они особенно четко отслеживаются на энергетических уровнях в 2,62 МэВ для тория и в 1,7 МэВ для урана. Датчик позволит улавливать границы между разными породами, что позволит предотвратить наезд на крепкие породы, - это продлит срок службы оборудования.

Датчики расстояния необходимы в процессе отгрузки для предотвращения столкновений и позиционирования в пространстве. Для применения в схеме безлюдной выемки мы используем - ультразвуковые датчики. Выбор их объясняется универсальностью и точностью определения. Датчики могут видеть через запыленный воздух, что подходит для угольного производства. Даже небольшой налет на мембране сенсора не влияет на его работу. Проблема с шумами тоже решается выбором ультразвукового датчика. Сами датчики способны подавлять посторонние шумы и измерения расстояния происходит за счет измерения полета волны, а не её интенсивности. Данная схема представлена на рисунке 3.

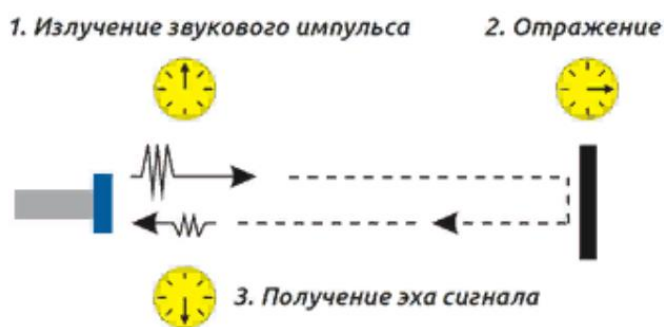


Рисунок 3 – Схема работы ультразвуковых датчиков расстояния [4]

Зона действия радара не превышает полутра метров, это оптимальное расстояние для данных условий. Расположены данные датчики по периметру машин.

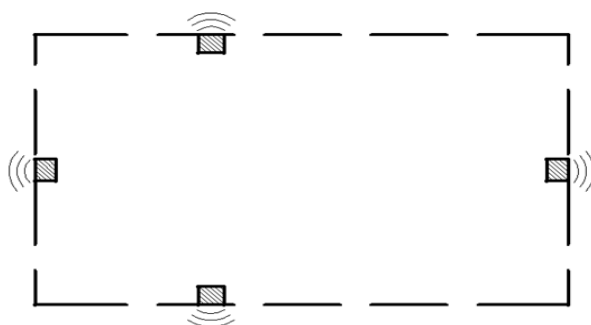


Рисунок 4 – Схема расположения датчиков движения по периметру машины

Информация от датчиков исполнительных устройств и другого рода механизмов связанные с комплексом, расположенных в разных частях этого комплекса, управляется при помощи модулей удаленного ввода-вывода. Модули располагаются в распределительных пунктах соответствующего технологического комплекса, они объединены в одну общую информационную сеть и передают данные об управляемых параметрах единому процессорному модулю. Пример такой схемы модулей представлен на рисунке 5.

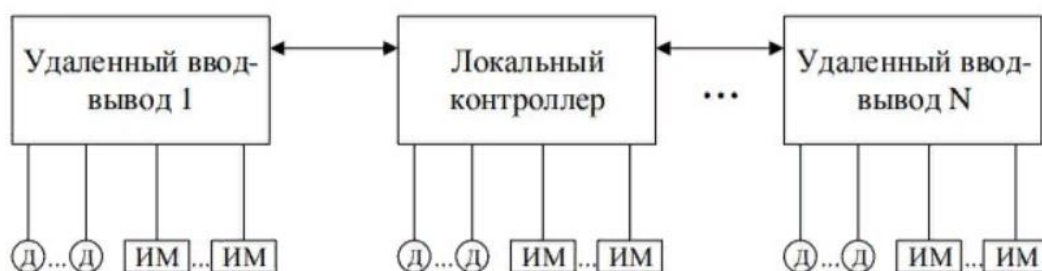


Рисунок 5 – Пример технологической структуры с удаленным вводом-выводом [5]

Комплекс камер позволит более четко контролировать ситуацию при аварийных случаях. Они будут располагаться на вершине комбайна под защитным куполом. По запросу диспетчера купол будет открываться, давая обзор на 360° и показывая всю ситуацию в выработке. Для промышленности достаточно применять камеры с разрешением SVGA(800x600), это разрешение позволит быстро доставлять данные по модулям, скорость передачи около 2 Мбит/сек. Информация с камер в режиме реального времени поступает в диспетчерскую, где еще некоторое время хранится на сервере [6].

На экранах находится изображение с основных камер видеонаблюдения, а также данные позиционирования. При аварийных ситуациях автоматически включаются камеры ночного видения и диспетчером вызывается ремонтная бригада. Контролер диспетчера представляет собой джойстик с несколькими клавишами, контролер комбайна выполняет следующие функции.

1. Подъем рабочей части.
2. Опускание рабочей части.
3. Движение вперед.
4. Движение назад.
5. Поворот налево.
6. Поворот направо.
7. Погрузка.

Контролер вагона имеет меньше функций.

1. Движение и остановка вперед.
2. Движение и остановка назад.
3. Разгрузка.

Схема передачи сигнала при работе показана на рисунке 6.

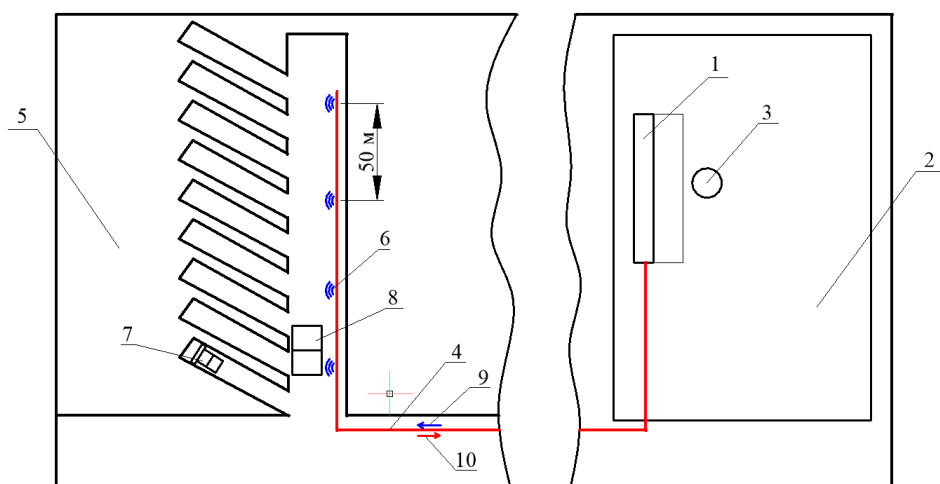


Рисунок 6 – Схема передачи сигнала (1 – контролер, 2 – диспетчерская комната на поверхности, 3 – диспетчер, 4 – провод, передающий сигнал от диспетчерского пункта до забойного оборудования, 5 – горный массив, 6 – Wi-Fi передатчик, 7 – комбайн, 8 – самоходный вагон, 9 – сигнал управления, 10 – сигнал позиционирования)

Диспетчер, находясь в комнате управления, управляет работой комбайна и перемещением вагона, управляя клавиатурой компьютера при помощи подачи сигналов на контролеры в выемочной камере. Сигнал из диспетчерской проходит по проводу по конвейерному штреку в выемочную печь, где к нему подключаются Wi-Fi передатчики. Передатчики-контроллера расположены по выемочной печи через каждые 50 метров для однородности сигнала. На выемочном и транспортном оборудовании смонтированы датчики принимающие сигнал и передающие свое местоположение. Позиционирование оборудования обновляется примерно через каждые 1-2 секунды и отправляется обратно диспетчеру для системы мониторинга и непрерывного управления. Диспетчерский пункт находится на поверхности.

Предложенная комбинированная технология по доработке запасов угля с борта разреза осуществляется в три этапа:

1. *Подготовительный этап.* В месте предполагаемого проведения выемочной печи монтируется оборудование перегруза с самоходного вагона на ленточный конвейер. Подготавливается оборудование для дистанционного управления забойным оборудованием, проверяется работоспособность ретрансляторов для передачи сигнала от оператора до забойного ГШО. Производится монтаж оборудования.

2. *Работы по добыче угля.* На втором этапе от пункта перегруза угля проводится выемочная печь без крепления с минимальной шириной, производится развешивание сигнального кабеля по выработке с установкой ретрансляторов на расстоянии до 50 м. Производится отработка выемочных камер (заходок) на длину до 12 м. Расстояние определяется максимальным удалением комбайна от выемочной печи по которой перемещается самоход-

ный вагон. Выемочное пространство охраняется от преждевременного обрушения угольными межкамерными целиками, размер которых рассчитывается в соответствии с нормативными документами и утвержденными инструкциями.

3. *Транспортировка угля.* Во время работы комбайна, отбитый уголь перегружается в самоходный вагон с последующей транспортировкой к подготовленному пункту перегруза на ленточный конвейер. На транспортно-погрузочном пункте оборудован временный склад угля, с которого бульдозером осуществляется отгрузка в углевозы.

Представленная технология соответствует техническому состоянию страны и вмещает в себя как эффективность, так и уникальность технологии. Она актуальна для текущей промышленности и позволит повысить темп, а главное безопасность, что важно для горного производства.

Библиографический список

1. Разработка технико-технологических решений по повышению темпов проведения подготовительных выработок в условиях «Шахты «Алардинская» // Савченко С.А., Воронков В.А., Никитина А.М., Риб С.В., Борзых Д.М.– Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. / под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 56–60.

2. Оценка эффективности применения отечественного и импортного оборудования в подготовительном забое // Обрядин А.А., Черешнева Е.В., Риб С.В., Никитина А.М. – Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. / под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 96–99.

3. Состояние и направления развития безопасной технологии подземной угледобычи: [монография] / В. Н. Фрянов, Л. Д. Павлова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Сибирский гос. индустриальный ун-т. - Новосибирск: Изд-во Сибирского отд-ния Российской акад. наук, 2009. - 234с.

4. Ляпидевский В.К. Методы детектирования излучений. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 379 с.

5. Саламатин А.С. Особенности распределенного управления промышленными объектами/ А.С. Саламатин, Г.В. Макаров, М.В. Раскин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2019.- Вып. 23. с. 45-48.

6. Wyard S.J. Radioactive-source corrections for Bremsstrahlung and scatter // Nucleonics. - 1955. -V. 13. - № 7. - P. 44-47.

ПРОБЛЕМЫ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ УГОЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Курдюков М.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Тимофеев А.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В статье рассматриваются вопросы рационального использования электрической энергии на угольных шахтах.

Ключевые слова: электрические сети, реактивная мощность, пропускная способность, резкопеременная нагрузка, закон оптимального построения техноценозов.

Решение вопроса рационального использования электрической энергии на предприятиях угольных шахт предусматривает оптимальное потребление энергоресурсов и не допущение необоснованных потерь. Рациональное ведение энергетического хозяйства шахты является не только технической, но и экономической задачей. К технико-экономическим показателям предприятий следует относить наиболее важные параметры, такие как коэффициент мощности электрической сети и удельный расход электроэнергии на единицу продукции.

Обеспечение экономии электропотребления, а значит, и снижение удельного расхода электроэнергии требует технических и организационных мероприятий. К этим мероприятиям относятся компенсация реактивной мощности. Она наиболее значима и составляет порядка девяносто и более процентов от общей мощности и поэтому важной задачей является снижение ее потребления.

Потребители электроэнергии очистных и подготовительных участков получают электропитание по кабельным системам различного сечения и типа. В зависимости от характера нагрузки передаваемой по кабельной сети, реактивная нагрузка может иметь значение соизмеримые активной нагрузке, а в отдельных случаях и превышает ее.

Передача реактивной мощности ограничивает пропускную способность кабельных систем электроснабжения и приводит к увеличению дополнительных потерь активной мощности.

Пропускная способность электрической сети – это технологически максимально допустимая величина мощности, которая может быть передана с учетом условий эксплуатации и параметров надежности функционирования электроэнергетических систем, которые ограничиваются температурным режимом.

Поэтому энергетическое хозяйство шахты должно обеспечивать сле-

дующее:

- применение повышенных напряжений в питающих и распределительных сетях и приближением источников питания к электроприемникам (для электроприемников с резкопеременной нагрузкой);

- уменьшение реактивного сопротивления элементов схемы от источников питания до электроприемников с резкопеременной нагрузкой;

- включение на параллельную работу вторичных обмоток трансформаторов, питающих резкопеременную нагрузку;

- применение симметрирующих устройств, фильтров высших гармоник, быстродействующих синхронных компенсаторов для выравнивания графиков электрических нагрузок и осуществлением других мероприятий, уменьшающих вредное воздействие электроприемников на системы электроснабжения;

- трансформаторные и распределительные подстанции следует максимально приближать к электроустановкам потребителей электроэнергии, сокращая число ступеней трансформации путем внедрения глубоких вводов, повышенных напряжений питающих и распределительных сетей, дальнейшего развития принципа разукрупнения подстанций, внедрения магистральных токопроводов.

Наиболее эффективным инструментом и качественно новым подходом к организации работы энергетического хозяйства шахты, является создание интеллектуальной электрической сети. Это единая автоматизированная система, которая объединяет и в режиме реального времени отслеживает работу всех потребителей угольного предприятия, передачу и потребление электроэнергии.

Подобная сеть обеспечит системный мониторинг, осуществляемый программным комплексом и датчиками различного уровня, позволяющие в автоматическом режиме принимать оптимальные решения на все изменения, происходящие в электрической сети, а также оперативно принимать решения для предотвращения аварийных ситуаций.

В области управления электропотреблением применим эффективный и апробированный инструмент - закон оптимального построения техноценозов, основанный на методе рангового анализа, с целью научно обоснованных предпосылок упорядочить электропотребление и значительно снизить затраты за потребленную электроэнергию.

Библиографический список

1. Пупков, К. А. Интеллектуальные системы : исследование и создание. – Москва : МГТУ, 2003. – 345 с.

2. Карапетян, И. Г. Справочник по проектированию электрических сетей / И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро ; под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЭНАС, 2012. – 376 с. : ил.

3. Короткевич, М.А. Эксплуатация электрических сетей : учебник. –

УДК 622.32

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВСКРЫТИЯ УЧАСТКА «ЕРУНАКОВСКИЙ БЕРЕГОВОЙ»

Буткевич А.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

С целью недопущения резкого снижения объемов добычи угля и избежание банкротства многие угледобывающие предприятия принимают решение, направленное на освоение новых месторождений с благоприятными тектоническими и горно-геологическими условиями, промышленная эксплуатация которых позволит не только снизить себестоимость добычи, но и повысить производительность труда и уровень рентабельности предприятия.

Ключевые слова: вскрытие карьерного поля, траншея, грузопоток.

Развитие открытой угледобычи в Кузбассе связано с постоянными изменениями природных, технических и экологических условий ведения горных работ, что обуславливает необходимость периодического пересмотра проектных решений для обеспечения прогрессивных технико-экономических показателей разработки.

Большое разнообразие подходов к решению вопросов вскрытия карьерных полей, зависимость его от многих факторов, важность вопроса выбора рационального варианта, создающего требуемые условия для перемещения грузов с рабочих горизонтов к местам их приема, объясняют постоянный интерес к данной проблеме.

Вскрытие рабочих горизонтов при открытой разработке осуществляется в первую очередь с целью создания условий для выдачи добываемого полезного ископаемого. Но добычные работы сопряжены, с удалением значительных объемов пустых пород, перемещение которых к месту складирования должно быть обеспечено соответствующим вскрытием. Поэтому в деятельности разреза вскрытие рабочих горизонтов играет важную роль и оказывает существенное влияние на технико-экономические показатели предприятия [1].

Выбор рациональных вариантов вскрытия осуществляется рассмотрением: объемов проходческих работ и видов вскрывающих выработок, глубины заложения траншеи, количества горных выработок, места расположения внешних и внутренних траншей, стационарности вскрывающих выработок.

Выбранный способ вскрытия должен обеспечить работу формируемых грузопотоков вскрышных пород и полезного ископаемого в соответствии с заданной производственной мощностью предприятия [2].

При отработке запасов участка «Ерунаковский Береговой» и доработке запасов каменного угля филиала ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез» (Ерунаковское поле) предусматривается складирование вскрышных пород: по бестранспортной и транспортной технологии во внутренний отвал, расположенный в выработанном пространстве разреза; во внутренний отвал разреза Ерунаковский, расположенный в его южной части; внешний отвал «Северный», расположенный в северо-западной части площади поля, отведенного под «Ерунаковский угольный разрез», между речкой Малая Борисовка и геологическим участком Ерунаковский VI.

Ввиду того, что в границах участка, в крайней южной части, расположен пос. Ерунаково и в связи с необходимостью переселения жителей, для оптимизации принято решение о выделении этапности отработки: первый этап предусматривает отработку запасов в границах лицензионных участков с учетом целика, оставляемого под санитарно-защитную зону (СЗЗ) поселка Ерунаково (северная часть); второй этап предусматривает доработку оставшейся части запасов (южная часть).

Отработка запасов на участке предусматривается в два условных этапа: первый этап – доработка запасов в границах существующего участка горных работ и вовлечение в отработку запасов в границах участка «Ерунаковский Береговой»; второй этап – характеризуется интенсивным развитием горных работ по падению пластов с последующим затуханием. Транспортирование вскрышных пород осуществляется во внутренний отвал.

Развитие горных работ участка «Береговой» предполагается начать с существующей карьерной выемки участка «Ерунаковский».

Первоначально вскрышные и добычные работы ведутся в пределах участка «Ерунаковский», с подвиганием фронта работ в юго-восточном направлении. Далее осуществляется вовлечение в отработку запасов участка «Ерунаковский Береговой». При отработке верхних горизонтов вскрышные породы складироваться во внешний Северный и существующий внутренний Южный отвалы.

С последующими годами отработки участка «Ерунаковский» будет продолжено формирование карьерной выемки.

Далее производится перенос пос. Ерунаково и доработка запасов.

Отработка нижних горизонтов, а конкретно вскрытие 78, осуществляется по бестранспортной технологии, вскрышные породы складироваться в выработанное пространство карьерной выемки.

По мере отработки участка, после заполнения емкости Северного, Южного отвалов и отвала блока № 4, складирование вскрышных пород производится только во внутренний отвал.

Добытый уголь предполагается транспортировать до существующего погрузочного комплекса и до существующей обогатительной установки с крутонаклонным сепаратором (ОУ с КНС).

Существующий погрузочный комплекс с железнодорожной станцией и угольным складом располагается в 20,0 км к юго-западу от карьерной выемки участка «Ерунаковский», ОУ с КНС расположен в 4,0 км к юго-западу от карьерной выемки участка «Ерунаковский».

Принят траншейный способ вскрытия (согласно классификации способов вскрытия). Оработка запасов производится по существующей комбинированной продольной системе разработки по транспортной и бестранспортной технологии.

Движение фронта горных работ происходит в юго-восточном направлении. Вскрытие и разработка вскрышных уступов предусмотрена траншеями с применением комбинированной системы разработки по транспортной и бестранспортной технологии.

Вскрытие участка производится разрезной траншеей внутреннего заложения вдоль северной границы лицензии.

Разрезная траншея проходится в северной части участка по дневной поверхности. Ширина траншеи, в соответствии с принимаемым оборудованием на первоначальном этапе составляет 40 м. Строительство данной траншеи производится экскаватором ЭКГ-10 с погрузкой вскрышной породы в автосамосвалы БелАЗ-75131 и дальнейшим транспортированием во внешний Северный отвал.

Вскрышные породы складировются в выработанное пространство участков, а также во внешний отвал Северный. Полезное ископаемое, транспортируется до существующей ОУ с КНС «Ерунаковская», и до существующего погрузочного комплекса.

Во время работы разреза необходимо постоянно обеспечивать необходимый объем вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезного ископаемого для обеспечения ритмичной работы выемочно-погрузочного оборудования, а также для обеспечения текущих плановых показателей полезного ископаемого по качеству. К вскрытым запасам относят полезное ископаемое, к которому обеспечен транспортный доступ. К подготовленным запасам относят полезное ископаемое, которое в данный момент времени может быть вовлечено в начальные подготовительные процессы. К готовым к выемке запасам относят полезное ископаемое, которое готово к выемке, погрузке и перемещению.

Вскрытие горизонтов осуществляется разрезными траншеями, которые формируются в кровле угольных пластов. Ширина съездов составит 40 м. Подвигание фронта работ осуществляется в юго-восточном направлении по простиранию угольных пластов.

Ширина предохранительных берм - 10,0 м, уклон съездов – до 80%. Длина одиночного съезда при высоте уступа 10 м составляет 125 м, при

сдвоенных уступах (20 м) – 250 м, при строенных уступах (30 м) – 375 м.

Руководящий уклон автодорог по траншеям и скользящим съездам составляет до 80 % согласно СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт». Через 600 м затяжного уклона устраиваются разгоночные площадки длиной 50 м с уклоном 20%, согласно ПБ 05-619-03.

Минимальная ширина разрезной траншеи понизу при подготовке пластов к выемке (при условии движении автосамосвалов по дну траншеи) соответствует минимальной ширине автодороги по условию разворота автосамосвала при тупиковом подъезде к погрузке.

При изменении типов горного и транспортного оборудования, горно-геологических условий, высоты вскрышных, добычных и отвальных уступов, ширины рабочих площадок и других условий разработки, необходимо вести горные работы по паспортам, разработанным технической службой участка, которые бы не противоречили положениям «Правил безопасности...» и «Правил технической эксплуатации...».

Библиографический список

1. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.
2. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М.: Челябинск, 1991. – 326 с.

УДК 622.6

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Шарков Н.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

В условиях анализируемого участка, представленного геологическим нарушением пласта 78, наиболее рациональным технологическим решением является применение комбинированной системы разработки.

Ключевые слова: система разработки, угольный пласт, геологическое нарушение, себестоимость.

Геологический участок «Ерунаковский», находится в юго-восточной части Ерунаковского геолого-экономического района. Согласно стратиграфическому делению, угленосные отложения участка относятся к тайлуганской свите ерунаковской подсерии кольчугинской серии.

Нижним пластом свиты является мощный пласт угля 78, а общая мощность вскрытой толщи вверх от почвы пласта составляет 190 метров.

Пласт 78 имеет сложное строение. Большая его часть находится в слитной зоне, а в северо-восточной части участка происходит его расщепление на три самостоятельные угольные пачки: верхнюю, среднюю и нижнюю.

Горно-геологическими условиями обусловлено применение комбинированной системы разработки (по акад. Н. В. Мельникову). Вскрышные породы верхних уступов автотранспортом перемещают во внутренние и (или) во внешние отвалы, а породы непосредственно над пластом, без применения транспорта - драглайнами.

Таким образом, при отсутствии геологических нарушений угольный пласт 78 отрабатывается в следующем порядке: кровля по бестранспортной системе разработки применением шагающих экскаваторов, а выемка угольных пачек и разделяющих маломощных породных прослоев гидравлическими экскаваторами в комплексе с автосамосвалами.

В районе 24-ой геологоразведочной линии имеется геологическое нарушение, обусловленное значительным увеличением мощности породного прослоя до 20,0 м, отделяющего верхнюю пачку от средней и нижней пачек, при этом породный прослой, разделяющий среднюю и нижнюю пачки, остается маломощным [1].

На основании вышеизложенного возникает необходимость осуществления более детального анализа рассматриваемой зоны геологического нарушения с целью определения наиболее рациональных технологических решений [2].

Себестоимость одной тонны добытого полезного ископаемого (руб.) рассчитывается по формуле:

$$C_{1\text{ т}}^{\text{ПИ}} = Z_{1\text{ т}}^{\text{ПИ}} + k_{\text{вскр.}}^{\text{слой}} \times C_{1\text{ м куб.}}^{\text{вскр.}}, \quad (1)$$

где $Z_{1\text{ т}}^{\text{ПИ}}$ - затраты, обусловленные выемкой, погрузкой, транспортировкой и складированием 1-ой тонны полезного ископаемого из угольного забоя до угольного склада без учета влияния предшествующих вскрышных работ, руб./т;

$k_{\text{вскр.}}^{\text{слой}}$ - слоевой коэффициент вскрыши, рассчитываемый в пределах анализируемого добычного горизонта, м куб./т;

$C_{1\text{ м куб.}}^{\text{вскр.}}$ - себестоимость 1-го м куб. вскрышных пород в пределах анализируемого добычного горизонта, руб./м куб.

Следовательно, себестоимость тонны угля при изменении расстояния транспортирования от забоя до склада, сохранении параметров комплекса горнотранспортного оборудования и постоянном слоевом коэффициенте вскрыши прямо пропорционально зависит от себестоимости кубометра

вскрышных пород.

Основные горнотехнические параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ основных горнотехнических параметров

Наименование горнотехнических параметров	Значение параметров
Затраты на добычу тонны угля без учета влияния предшествующих вскрышных работ	1 400,0 руб./т
Себестоимость 1-ого кубометра вскрышных пород бестранспортной системы разработки	70,0 руб./м куб.
Себестоимость 1-ого кубометра вскрышных пород, транспортной системе разработки	90,0 руб./м куб.
Слоевой коэффициент вскрыши в пределах анализируемого участка	3,6 м куб./т

Отработку кровли и породного прослоя пласта в пределах участка возможно осуществлять двумя способами: кровлю мощностью до 20,0 м и породный прослой до 20,0 м отрабатывать по бестранспортной системе разработки с размещением вскрышных пород в выработанном пространстве карьера; кровлю мощностью порядка 20,0 м отрабатывать по транспортной системе разработки, а породный прослой мощностью не более 20,0 м отрабатывать по бестранспортной системе.

Реализация данных способов возможна при обеспечении опережения фронта горных работ по вышележащему горизонту относительно фронта горных работ по нижележащему горизонту. Технологическая схема представлена на рисунке 1.

Результаты расчета себестоимости тонны угля при применении бестранспортной системы разработки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета себестоимости 1-ой тонны полезного при применении бестранспортной системы разработки

Наименование горнотехнических параметров	Значение параметров
Слоевой коэффициент вскрыши в пределах участка, ограниченного кровлей и верхней пачкой пласта	3,3 м куб./т
Слоевой коэффициент вскрыши в пределах участка, ограниченного породным прослоем и нижней пачкой пласта	4,0 м куб./т

Продолжение таблицы 2

Наименование горнотехнических параметров	Значение параметров
Себестоимость 1 м ³ вскрыши в пределах анализируемого участка по бестранспортной системе разработки	70,0 руб./м куб.
Себестоимость тонны, добываемой из верхней пачки пласта	1 631,0 руб./т
Себестоимость тонны, добываемой из средней и нижней пачек пласта	1 680,0 руб./т
Средняя себестоимость тонны угля, добываемого при применении бестранспортной системы разработки	1 656,0 руб./т

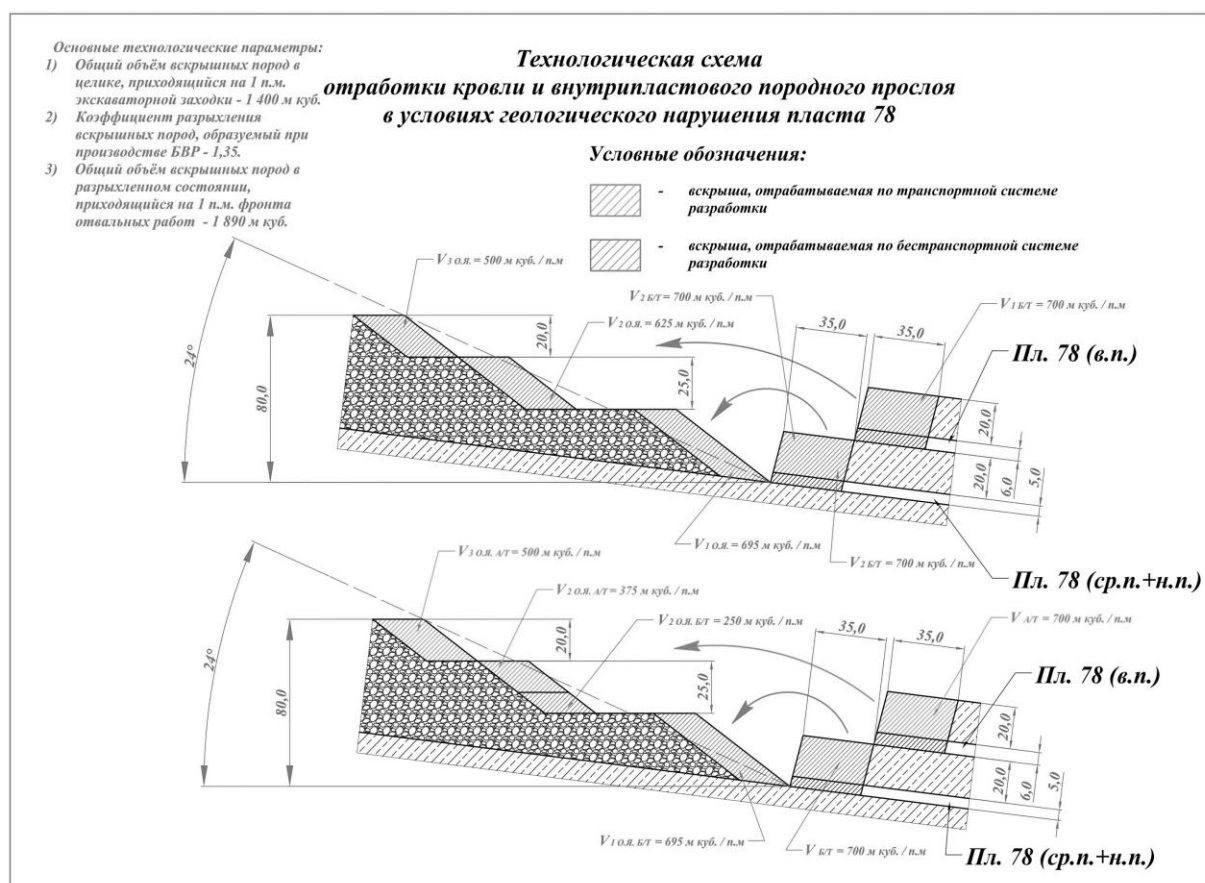


Рисунок 1 – Технологическая схема отработки кровли и внутрипластового породного прослоя в условиях нарушения угольного пласта

Себестоимость тонны угля при применении комбинированной системы разработки представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета себестоимости 1-ой тонны полезного при применении комбинированной системы разработки

Наименование горнотехнических параметров	Значение параметров
Слоевой коэффициент вскрыши в пределах участка, ограниченного кровлей и верхней пачкой пласта	3,3 м куб./т
Себестоимость 1 м ³ вскрыши, обрабатываемого в пределах анализируемого участка по транспортной системе разработки	90,0 руб./м куб.
Слоевой коэффициент вскрыши в пределах участка, ограниченного мощным породным прослоем и нижней пачкой пласта	4,0 м куб./т
Себестоимость 1 м ³ вскрыши, обрабатываемого в пределах анализируемого участка по бестранспортной системе разработки	70,0 руб./м куб.
Себестоимость тонны угля, добываемой из верхней пачки пласта	1 697,0 руб./т
Себестоимость тонны угля, добываемой из средней и нижней пачек пласта	1 680,0 руб./т
Средняя себестоимость тонны угля, добываемой в пределах при применении комбинированной системы разработки	1 689,0 руб./т

Сравнительный анализ произведенных расчетов представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Итоговый сравнительный анализ произведенных расчетов

Наименование горнотехнических параметров	Значение параметров
Средняя себестоимость тонны угля, добываемой в пределах анализируемого участка пласта при применении бестранспортной системы разработки	1 656,0 руб./т
Средняя себестоимость тонны угля, добываемой в пределах анализируемого участка при применении комбинированной системы разработки	1 689,0 руб./т
Разница в себестоимости тонны угля, добываемой при применении различных технологических решений	33,0 руб./т

В условиях анализируемого участка, представленного геологическим нарушением пласта 78 (увеличение мощности внутрипластового породного прослоя), наиболее рациональным технологическим решением является применение комбинированной системы разработки, подразумевающей отработку кровли рассматриваемого пласта посредством использования автомобильного транспорта, что объясняется построением более простых техноло-

гических схем. Однако с точки зрения экономической эффективности проектных решений, наиболее целесообразно в условиях анализируемого участка, представленного геологическим нарушением пласта 78, применить бестранспортную систему разработки, позволяющую снизить себестоимость тонны добываемого угля в пределах данного участка на 33,0 руб.

Библиографический список

1. «Технический проект разработки Ерунаковского каменноугольного месторождения в границах лицензии на право пользования недрами филиала ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез». Кемерово, Управление проектных работ ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», 2015.
2. Трубецкой К. Н. Проектирование карьеров: учебник для вузов. Т. 1. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Акад. горных наук, 2001. – 519 с.

УДК 622.32

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДЕЛ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ЧАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Мартыненко С.Е., Матвеев А.В., Лобанова О.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

В данной статье проанализирована информация об увеличении площади земель, занятых промышленными предприятиями, где огромный негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кемеровской области вносят горнодобывающие предприятия, особенно при открытой добыче угля, с образованием в зоне действия объектов техногенных ландшафтов.

Ключевые слова: земельный фонд, почвенный покров, техногенный ландшафт, рекультивация земель, промышленные земли.

Общая площадь земель в административных границах Кемеровской области по состоянию на 01 января 2020 года составляет 9572,5 тыс. га.

Распределение земель Кемеровской области по категориям показывает преимущественное положение в составе земельного фонда земель лесного фонда (56,0 %) и земель сельскохозяйственного назначения (27,7 %), земли промышленности составляют 1,7% к площади земельного фонда.

В 2015 – 2016 гг из земель сельскохозяйственного назначения и лесного фонда Кемеровской области было переведено в земли промышленности 4,1

тыс.га. На тот момент отношение площади земельного фонда из состава общей площади в административных границах области под промышленные предприятия составлял 1,6%. За период 2016 - 2017 гг. переведено дополнительно 5,2 тыс.га, в 2017 - 2018 гг. площадь этих территорий еще увеличилась на 5,5 тыс.га и составила уже 168,4 тыс.га или 1,7%. В будущем, в соответствии с программой развития угольной отрасли Кузбасса до 2035 года, также прогнозируется аналогичная положительная динамика в отчуждении земель для нужд промышленности из общей площади земель в границах области.

В категорию земли промышленности относятся площади, которые используются и предназначены для обеспечения деятельности организаций и эксплуатации объектов промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, объектов обороны и безопасности, осуществления иных специальных задач и порядка 97% этой площади занимают только горнодобывающие предприятия.

За 2018 год общая площадь данной категории земель увеличилась на 5,5 тыс. га и составила 168,4 тыс. га. Увеличение произошло за счет перевода: 2,9 тыс. га из земель сельскохозяйственного назначения, 1,7 тыс. га из земель населенных пунктов, 0,8 тыс. га из земель запаса и 0,1 тыс. га из земель лесного фонда.

Огромный негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кемеровской области вносят горнодобывающие предприятия, особенно при открытой добыче угля, с образованием в зоне действия объектов техногенных ландшафтов.

За 2018 год нарушено земель 1,076 тыс. га (при разработке месторождений полезных ископаемых – 0,933 тыс. га, при строительных работах – 0,140 тыс. га), рекультивировано 0,028 тыс. га, что составило всего 2,6 % от площади нарушенных земель. Согласно статистическим данным 2-ТП (рекультивация), опубликованным Управлением Росприроднадзора по Кемеровской области, площадь нарушенных земель по состоянию на 01 января 2018 года составила 102,129 тыс. га, из них нарушено при разработке месторождений полезных ископаемых – 95,970 тыс. га, при проведении строительных работ – 3,063 тыс. га, при размещении промышленных и твердых бытовых отходов – 2,564 тыс. га.

По сравнению с 2016 годом общая площадь нарушенных земель увеличилась на 4,036 тыс. га (на 01.01.2017 – 98,093 тыс. га). За 2017 год нарушено земель 5,01 тыс. га (при разработке месторождений полезных ископаемых – 4,525 тыс. га, при строительных работах – 0,350 тыс. га), а рекультивировано 0,974 тыс. га, что составило 19,4 % от площади нарушенных земель [1].

Как видно из приведенного небольшого анализа состояния дел в Кемеровской области, в течении многих лет работы по рекультивации не проводятся в должном объеме, так как Закон Российской Федерации «О недрах» прямо не предусматривает обязанности недропользователя обеспечить проведение рекультивации нарушенных земель, а всего лишь прописана обязан-

ность пользователя недр обеспечить приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

Следует особо отметить тот факт, что предоставление земельного участка для проведения работ, связанных с геологическим изучением и иным использованием недр, осуществляется в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, то есть после утверждения проекта проведения указанных работ - технического проекта и наличия утвержденного проекта, рекультивация земель не требуется. То есть наличие у собственника предприятия проекта на изучение недр с попутной добычей угля в объеме нескольких миллионов тонн полностью развязывает руки и позволяет получать колоссальные прибыли, не имея совершенно никаких обязательств по приведению участка земли в состояние пригодное для дальнейшего использования, а тем более проведению рекультивации.

Однако приведение участков земли в состояние, пригодное для использования, и рекультивация земель — это совершенно разные мероприятия по охране земель.

Рекультивация земель в горнодобывающей отрасли осуществляется преимущественно в санитарно-гигиеническом, лесохозяйственном и сельскохозяйственном направлениях, а органы местного самоуправления устанавливают виды разрешенного использования в состоянии, пригодное для использования в соответствии с Методическими рекомендациями по приведению видов разрешенного использования земельных участков, следовательно, качество рекультивированных территорий не всегда находится на должном уровне, что в свою очередь создает трудности при последующем их использовании.

Проведенные работы очень часто не соответствуют требованиям законодательства и даже проекта рекультивации на данный объект. То есть рекультивация проводится только на бумаге. Довольно часто это неплохой способ отмывания денег, а также «распиливания» средств, полученных в результате добычи полезных ископаемых. На деле карьерные выемки засыпаются строительным мусором, плодородие почв не восстанавливается и экосистеме наносится непоправимый ущерб. И на сегодняшний день в российской практике работ по рекультивации сложилась ситуация, что, работы по рекультивации земель после окончания разработок месторождений часто не проводятся вовсе. Наиболее распространённый случай, это когда после окончания работ юридическое лицо объявляет себя банкротом либо перепродается, и, соответственно, средства на проведение работ по рекультивации взять негде, рекультивация не проводится.

Но необходимо рассмотреть правильный пример проведения работ по рекультивации карьера и выполнения полного комплекса технических работ по восстановлению нарушенных территорий техногенными ландшафтами горнодобывающих предприятий.

Традиционная технология рекультивации, широко применяемая на предприятиях угольной промышленности, заключается в технической подготовке рекультивируемой территории, и в общем случае должна предусматривать понижение конических и хребтовых отвалов, выполаживание откосов, нарезку террас, засыпку горных выработок, создание экранирующего слоя, нанесение ПСП или ППП, внесение мелиорантов и минеральных удобрений, посев трав или посадку древесно-кустарниковых культур. Для перевозки горной массы на этапе технической рекультивации в части заполнения горных выработок используется автомобильный транспорт, имеющий широкий диапазон применения при эксплуатации, а для приемки горной массы – бульдозерная техника, что достаточно дорого с точки зрения эксплуатации и ремонтов, и в то же время нецелесообразно с организационной точки зрения, в связи с этим, перспективным направлением являются альтернативные способы рекультивации открытых горных выработок.

Библиографический список

1. Доклады о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2016 – 2019 гг.

УДК 622.32

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Шарков Н.А., Лобанова О.О.

Научный руководитель: кад. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

Для улучшения состояния в сфере охраны земельных ресурсов в угольной промышленности необходимо совершенствование применяемых технологий горных работ в целях снижения их землеемкости, соединение в единый комплекс вскрышных работ на разрезах с техническим этапом рекультивации, применение пожаробезопасных технологий формирования породных отвалов, повышение качества проектов рекультивации и выполнения рекультивационных работ

Ключевые слова: нарушенные земли, породные отвалы, горные выработки..

Актуальность вопроса рекультивации нарушенных земель обусловлена тем, что добыча угля открытым способом неизбежно сопровождается изменением рельефа местности, формированием техногенного ландшафта, и как следствие выведением из хозяйственного оборота земель различного назначения.

К нарушенным землям относятся породные отвалы, промплощадки, провалы и прогибы земной поверхности, карьерные выемки, выведенные из эксплуатации золо- и шламонакопители, отстойники и пруды-отстойники, загрязненные, деградированные и подвергшиеся ветровой и водной эрозии земли.

При открытых горных работах рекультивации подлежат (п.2.1 ГОСТ 17.5.3.04-83): внутренние и внешние отвалы; карьерные выемки; другие территории, нарушенные горной деятельностью.

При ведении горных работ, особенно на угольных разрезах, происходит разрушение вскрышных и вмещающих горных пород различного состава, их перемешивание в процессе транспортировки и размещения в отвалах. Очень часто на поверхности отвала могут оказаться породы, содержащие в своём составе токсичные вещества, остатки горюче смазочных материалов, отходы различных классов опасности, непригодные для биологической рекультивации по минералогическому составу и агрохимическим свойствам. Технология формирования породного отвала должна предусматривать размещение таких пород по возможности внутри отвала и перекрытие породами, максимально пригодными для биологической рекультивации.

Приоритетными направлениями рекультивации нарушенных земель в угольной промышленности России являются: сельскохозяйственное, лесохозяйственное и санитарно-гигиеническое. Необходимо особо отметить, что качество рекультивированных территорий не всегда находится на должном уровне, что соответственно создает трудности при последующем их использовании. Основными причинами низкого качества рекультивации являются отсутствие на стадии разработки проектов рекультивации необходимого объема исходных данных о составе и свойствах почвогрунтов и породной массы отвалов, недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне, отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий, а мероприятия по предупреждению самовозгорания породных отвалов закладываются в проекты и осуществляются на практике не в полном объеме.

Однако в практической деятельности предприятий отрасли рекультивация нарушенных земель проводится преимущественно в санитарно-гигиеническом направлении, которое предъявляет наименьшие требования к качеству рекультивированных земель и выполняется с минимальными затратами. По данным за 2019 год, в России, в сельскохозяйственном направлении рекультивировано - 25 % общей площади рекультивированных земель, в лесохозяйственном направлении – 27 %, в санитарно-гигиеническом и других направлениях - 48 %.

В настоящее время остро стоит вопрос о необходимости введения улучшений в сфере охраны земельных ресурсов в угольной промышленности, также необходимо совершенствование применяемых технологий горных работ в целях снижения их землеемкости, соединение в единый комплекс

вскрышных работ на разрезах с техническим этапом рекультивации, применение пожаробезопасных технологий формирования породных отвалов, повышение качества проектов рекультивации и выполнения рекультивационных работ.

Традиционная технология рекультивации, широко применяемая на предприятиях угольной промышленности, заключается в технической подготовке рекультивируемой территории, проведении агрохимических мероприятий, посеве районированных сортов трав или посадке кустарников и деревьев. К сожалению, но качество земель, рекультивированных по вышеописанной технологии не соответствует предъявляемым требованиям стандартов, а показатели биологической продуктивности рекультивированных земель составляет порядка 30% от зональных почв.

Рекультивация породных отвалов имеет свои особенности в связи с различием состояния отвала, состава и свойств отвальных пород, формы и параметров отвала.

В общем случае технология рекультивации должна предусматривать понижение конических и хребтовых отвалов, выполаживание откосов, нарезку террас, создание экранирующего слоя, нанесение ПСП или ППП, внесение мелиорантов и минеральных удобрений, посев трав или посадку древесно-кустарниковых культур. В зависимости от природно-климатических условий района могут создаваться оросительные или дренажные системы. При рекультивации породных отвалов для строительных целей важное значение придаётся увеличению несущей способности их поверхности путём уплотнения с использованием специальной техники.

Отдельную проблему представляет собой рекультивация кислых породных отвалов. Опыты показали, что применение только одной извести является недостаточно эффективным. Наилучшие результаты получены при предварительном известковании, внесении осадка хозяйственных сточных вод и фосфорных удобрений перед посевом многолетних трав.

Для закрепления и озеленения откосов отвалов и карьерных выемок используются смеси различных материалов, включая вяжущие и плёнообразующие вещества, измельчённый торф, солому, органические отходы, удобрения, мульчирующие материалы, различные препараты, способствующие разрыхлению и аэрации почвы, которые наносятся на откосы методом гидропосева. Ассортимент применяемых плёнообразователей довольно широк: полимеры, латексы, синтетические смолы, битумные эмульсии, отходы нефтепереработки и целлюлозно-бумажной промышленности.

После окончания работ в компетентные органы предоставляется пакет документов, который включает в себя отчет о рекультивации и данные мониторинга состояния земель. Приемная комиссия знакомится с отчетом и данными мониторинга и по результатам проводит приемку рекультивированного участка. В идеале, после окончания работ разработанный карьер должен превратиться в плодородный участок земли.

К проблемным вопросам рекультивации в угольной промышленности России относятся:

- не востребованность в ряде регионов рекультивированных земель и их последующего целенаправленного использования со стороны региональных и местных органов исполнительной власти;

- отсутствие на стадии проектирования результатов исследований минералогического и дисперсного состава, физико-механических, агрофизических и агрохимических свойств почвогрунтов, позволяющих обоснованно выбирать направление и технологию рекультивационных работ;

- недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне и ограниченные масштабы их применения;

- отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий;

- отсутствие действенных экономических стимулов и механизмов скорейшего восстановления нарушенных земель, выведенных из эксплуатации.

С ростом объемов добычи угля и опережающим развитием открытого способа площадь ежегодно нарушаемых земель предприятиями отрасли непрерывно увеличивается, при этом уровень рекультивации земель не превышает 50%, что приводит к накоплению в отрасли общей площади нарушенных земель. В то же время на большинстве предприятий имеются значительные площади обработанных земель, которые подлежат рекультивации сейчас не используются и не будут использоваться в будущем.

Основными причинами низкого качества рекультивации являются отсутствие на стадии разработки проектов рекультивации необходимого объема исходных данных о составе и свойствах породной массы отвалов, недостаток специальных технических средств для выполнения рекультивационных работ на высоком уровне, отсутствие ландшафтного подхода к восстановлению нарушенных территорий. Мероприятия по предупреждению самовозгорания породных отвалов закладываются в проекты и осуществляются на практике не в полном объеме, что приводит к возникновению пожаров. [1].

Библиографический список

1. Рекультивация нарушенных земель в угольной промышленности, А.А. Хариновский, М.Ю. Данилова, научно-технический журнал №3, 2017г.

АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Шарков Н.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

Анализ законодательства субъектов Российской Федерации свидетельствует о том, что в одних субъектах предусмотрено требование о рекультивации земель при добыче общераспространенных полезных ископаемых, в других - нет.

Ключевые слова: земельный фонд, почвенного покров, техногенный ландшафт, рекультивация земель.

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения» рекультивация земель — это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества [1].

Постановлением Правительства РФ от 10.07.2018 года №800 утверждены Правила проведения рекультивации и консервации земель (вступили в силу 20 июля 2018года) и отменены два предыдущих постановления о рекультивации и консервации земель. [2]

А именно, признаны утратившими силу: Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 №140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы»; Постановление Правительства РФ от 02.10.2002 №830 «Об утверждении Положения о порядке консервации земель с изъятием их из оборота». [3,4]

Рассмотрим основные нововведения и их отличия от ранее установленных требований.

Необходимо отметить, что «старое» Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 №140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» предусматривало необходимость разработки Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы, которые впоследствии были утверждены одновременно двумя органами — Минприроды России и Роскомземом (Приказ Минприроды России №525, Приказ Роскомзема №67 от 22.12.1995). Соответственно, в связи с отменой Постановления Правительства РФ от 23.02.1994 №140 основные положения также потеряли свою актуальность, а сам порядок рекультивации земель теперь определяется Правилами проведения рекультивации и консервации зе-

мель.

Первые заметные отличия — это содержание самих понятий, например, расширено понятие «рекультивация земель». То, что раньше называлось улучшением условий окружающей среды, теперь является предотвращением деградации земель. Вместо перечисления отдельных направлений рекультивации из ГОСТ 17.5.1.02-85 «Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации» говорится о приведении земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием. Дополнительно, в понятие о рекультивации земель входит устранение последствий загрязнения вне зависимости от его происхождения — природного (действие вулкана, местные геохимические провинции и аномалии вблизи месторождений) или антропогенного (разливы нефтепродуктов, накопление тяжелых металлов и органических загрязнителей от антропогенного влияния).

Из документа исчезло понятие «потенциально плодородный слой почвы», что объясняется возможностью ввода в заблуждение из-за сходства с определением «потенциально плодородные породы» из ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель».

Понятие «нарушенные земли» теперь неразрывно связано с понятием «деградация земель». Нарушенные земли — это земли, деградация которых привела к невозможности их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, а деградацией земель считается ухудшение качества земель в результате негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности, природных и (или) антропогенных факторов.

Лицом, обязанным разработать проект рекультивации (консервации) и провести мероприятия по рекультивации (консервации) земель, является лицо, деятельность которого привела к деградации земель, а при отсутствии информации о таком лице — собственник, арендатор, землепользователь, землевладелец или уполномоченный орган. Таким образом, теперь проведение рекультивации обязательно вне зависимости от статуса права собственности субъекта, на территории которого выявлена деградация земель, и вне зависимости от наличия доказанной связи между причинителем и установленным фактом деградации земель.

Основным критерием наличия деградации земель является нарушение нормативов качества окружающей среды, которые включают в себя нормативы отдельных ее компонентов — воздуха, воды, почвы — в соответствии с санитарно-эпидемиологическим показателем предельно допустимых концентраций.

Приоритет в регулировании вопросов предоставления земельных участков для нужд недропользования, рекультивации земель имеет земельное законодательство. Поэтому, как предусмотрено в ст. 25.1 Закона Российской Федерации «О недрах», земельные участки, необходимые для проведе-

ния работ, связанных с геологическим изучением и иным использованием недр, предоставляются в порядке и на условиях, которые установлены земельным законодательством.

Однако, в действительности, законодательство несколько иначе регулирует вопрос о соотношении разработки и утверждения проектов проведения работ, связанных с использованием недрами (техническими проектами), и проектов рекультивации земель.

Прежде всего следует отметить, что Закон Российской Федерации «О недрах» прямо не предусматривает обязанности недропользователя рекультивировать нарушенные земли. В пп. 7 ч. 1 ст. 22 Закона Российской Федерации «О недрах» закреплена обязанность недропользователя обеспечить соблюдение утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил), регламентирующих условия охраны земель от вредного влияния работ, связанных с использованием недрами. В пп. 8 ч. 1 этой статьи закреплена обязанность пользователя недр обеспечить приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

Однако приведение участков земли в состояние, пригодное для использования, и рекультивация земель — это разные мероприятия по охране земель. Поэтому «Положение о государственном земельном контроле» возлагает на Федеральную службу государственной регистрации, кадастра и картографии обязанность осуществлять контроль за соблюдением выполнения требований земельного законодательства о выполнении обязанностей по приведению земель в состояние, пригодное для использования по целевому назначению (пп. «в» п. 3 Положения). В свою очередь, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования осуществляет контроль за соблюдением выполнения обязанностей по рекультивации земель после завершения разработки месторождений полезных ископаемых (пп. «а» п. 4 Положения).

Вопросы рекультивации земель урегулированы следующим образом. Как предусматривает ст. 11 Закона Российской Федерации «О недрах», предоставление земельного участка для проведения работ, связанных с геологическим изучением и иным использованием недр, осуществляется в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, то есть после утверждения проекта проведения указанных работ -технического проекта, наличия утвержденного проекта рекультивации земель не требуется.

В п. 10 ч. 1 ст. 12 Закона Российской Федерации «О недрах» указано, что лицензия и ее неотъемлемые составные части должны содержать порядок и сроки подготовки проектов ликвидации или консервации горных выработок и рекультивации земель. Из содержания этой нормы следует, что проект рекультивации земель должен быть разработан только в случае ликвидации и консервации горных выработок.

В соответствии со ст. 23.2 Закона Российской Федерации «О недрах» разработка месторождений полезных ископаемых и пользование недрами в

целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, осуществляются в соответствии с утвержденными техническими проектами.

Положение о подготовке, согласовании и утверждении технических проектов разработки месторождений полезных ископаемых и иной проектной документации на выполнение работ, связанных с использованием участками недр, по видам полезных ископаемых и видам пользования недрами, содержит основные требования к содержанию проектной документации. В проектную документацию включаются информация о сроках и условиях выполнения работ по консервации или ликвидации горных выработок, скважин, иных подземных сооружений, а также рекультивации земель, это означает, что в технические проекты должны включаться условия проведения работ по рекультивации земель.

Законодательство «О недрах» прямо не предусматривает требования одновременной разработки и утверждения технического проекта и отдельного проекта рекультивации земель, как того требует земельное законодательство. Сроки разработки технического проекта и проекта рекультивации земель не совпадают. Однако технический проект может предусматривать использование таких технологий проведения горных работ, которые в дальнейшем будут препятствовать проведению работ по рекультивации земель, что в действительности и происходит. Проект рекультивации земель должен разрабатываться после разработки месторождения полезных ископаемых, когда возникает необходимость ликвидации и консервации горных выработок.

Проблема рекультивации нарушенных земель встает и при добыче общераспространенных полезных ископаемых, в отношении которых действует особый порядок предоставления недр в пользование. В соответствии со ст. 18 Закона Российской Федерации «О недрах» порядок предоставления недр для разработки месторождений общераспространенных полезных ископаемых, порядок пользования недрами юридическими лицами и гражданами в границах предоставленных им земельных участков с целью добычи общераспространенных полезных ископаемых, а также в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых, устанавливаются законами и иными нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации.

Библиографический список

1. ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения»
2. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 года №800
3. Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 №140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы»
4. Постановление Правительства РФ от 02.10.2002 №830 «Об утверждении Положения о порядке консервации земель с изъятием их из оборота»

АНАЛИЗ СТАТЬИ 8.7 КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОБ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЯХ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Жилин Е.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

Правовое регулирование отношений в сфере рекультивации земель, нарушенных при недропользовании, осуществляется нормами природоохранного, земельного законодательства и законодательства о недрах, которые имеют существенные противоречия в части порядка проектирования и проведения рекультивации земель.

Ключевые слова: рекультивация земель, земельный фонд, юридическое лицо, отходы производства, природоохранная деятельность.

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения» рекультивация земель — это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества [1].

В соответствии со статьей 8.7 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях, невыполнение обязанностей по рекультивации земель, обязательных мероприятий по улучшению земель и охране почв предусмотрена административная ответственность за невыполнение работ по рекультивации:

1. Невыполнение или несвоевременное выполнение обязанностей по рекультивации земель при разработке месторождений полезных ископаемых, включая общераспространенные полезные ископаемые, осуществлении строительных, мелиоративных, изыскательских и иных работ, в том числе работ, осуществляемых для внутрихозяйственных или собственных надобностей, а также после завершения строительства, реконструкции и (или) эксплуатации объектов, не связанных с созданием лесной инфраструктуры, сноса объектов лесной инфраструктуры, влечет наложение административного штрафа.

2. Невыполнение установленных требований и обязательных мероприятий по улучшению, защите земель и охране почв от ветровой, водной эрозии и предотвращению других процессов и иного негативного воздействия на окружающую среду, ухудшающих качественное состояние земель, влечет наложение административного штрафа.

Таким образом, юридическое лицо может понести наказание в виде

штрафа, однако его размер довольно мал, особенно если учесть, какие доходы приносит разработка месторождений полезных ископаемых — основная причина нарушения земель.

На сегодняшний день в российской практике работ по рекультивации сложилась ситуация, что, работы по рекультивации земель после окончания разработок месторождений часто не проводятся вовсе. Наиболее распространённый случай, это когда после окончания работ юридическое лицо объявляет себя банкротом, и, соответственно, средства на проведение работ по рекультивации взять негде.

Внимание общественности неоднократно обращалось к данному вопросу, предлагались различные законодательные идеи о том, как избежать таких проблем, например, был предложен проект закона, предусматривающий заблаговременное создание депозитарного счета с отложенными на него средствами на рекультивацию. Такой счет мог бы создаваться юридическим лицом при подаче документов на получение лицензии на проведение добычи полезных ископаемых, но, к сожалению, проект так и остался проектом.

Далее, проведенные работы очень часто не соответствуют требованиям законодательства и даже проекта рекультивации на данный объект. То есть рекультивация проводится только на бумаге. Довольно часто это неплохой способ отмывания денег, а также «распиливания» средств, полученных в результате добычи полезных ископаемых. На деле карьерные выемки засыпаются строительным мусором, плодородие почв не восстанавливается и экосистеме наносится непоправимый ущерб.

Рекультивация карьеров — большая тема, которая касается еще и обращения с отходами. В зависимости от состояния земель, а также от рода хозяйственной деятельности, осуществляемого на этих землях, методы и технологии рекультивации могут быть различными. Одним из наиболее популярных и часто используемых при рекультивации карьерных выемок, и отвалов является метод заполнения пустот и выемок отработанной горной породой (вскрышными и вмещающими породами). Для данных целей рекомендовано использовать только те породы, которые не обладают радиоактивными и токсичными свойствами и могут быть потенциально полезными в процессе возвращения почве плодородия.

В контексте настоящей статьи необходимо привести извлечение из письма Минприроды России от 13.04.2011 № 12-44/5717 «Об использовании отходов производства и потребления для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей»:

«...В последнее время сложилась практика бесконтрольного использования отходов для рекультивации карьерных выемок, что фактически является размещением (захоронением) отходов при отсутствии инженерно-технических мероприятий по предотвращению негативного воздействия размещаемых отходов на окружающую среду. Это приводит к беспрепятственному поступлению вредных веществ в окружающую среду и, как след-

ствие, ее загрязнению и деградации, а также к опасности негативного влияния на здоровье людей. В то же время в соответствии с Основными положениями о рекультивации земель, рекультивация нарушенных земель осуществляется для их восстановления в сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-оздоровительных целях.

При этом в соответствии с межгосударственными стандартами ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения» и ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель» для рекультивации карьерных выемок могут использоваться только вскрышные и вмещающие породы, не содержащие радиоактивные элементы и токсичные соединения в концентрациях, опасных для жизни человека и животных. Использование для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей отходов производства и потребления возможно при условии, что они не содержат вредные вещества и при этом будет обеспечено отсутствие негативного воздействия на окружающую среду...»

На основании вышеизложенного, Минприроды России считает, что рекультивация карьерных выемок и искусственно созданных полостей с использованием отходов производства и потребления фактически является захоронением (размещением) отходов.

В соответствии со статьей 11 Федерального закона от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» проектная документация объектов, связанных с размещением (хранение и захоронение) отходов I–V класса опасности, является объектом государственной экологической экспертизы федерального уровня».

Данное письмо четко разъясняет позицию Минприроды России, согласно которой рекультивация карьеров с помощью отходов незаконна, а два года спустя Росприроднадзор опубликовал письмо, чуть расширившее данную позицию.

Извлечение из письма Росприроднадзора от 21.02.2013 № ВК-03-03-36/2216 «О нарушении законодательства об экологической экспертизе при осуществлении рекультивации»:

«В соответствии с терминами и определениями, данными в ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения», рекультивация земель — это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Положениями ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» определены требования к рекультивации земель. Так, п. 6.1 данного стандарта установлено, что при сельскохозяйственном направлении рекультивации поверхностный слой должен быть

сложен породами, пригодными для биологической рекультивации. Классификация вскрышных и вмещающих пород по пригодности их использования для биологической рекультивации установлена положениями ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель».

В данном письме упоминается, что рекультивацию часто проводят с помощью строительных отходов. Во-первых, это возможно потому, что такие отходы образуются на предприятиях довольно часто и в большом количестве и скрыть их образование от контролирующих органов проще простого, а во-вторых, потому, что внешне строительные отходы очень легко можно выдать за отработанные породы.

Наконец, недавно опубликованные письма Минприроды России от 19.05.2014 № 05-12-44/10285 «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых» и от 02.06.2014 № 05-12-44/11342 «Об использовании отходов производства и потребления для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей» подтвердили данную позицию государственных органов относительно рекультивации земель с использованием отходов.

Таким образом, законодательно определено, что проводить размещение отходов на земельных участках под видом рекультивации — незаконно. Однако это не сильно влияет на ситуацию. Об этом говорит и тот факт, что одно и то же письмо с незначительными изменениями было опубликовано Минприроды и Росприроднадзором четырежды.

Правовое регулирование отношений в сфере рекультивации земель, нарушенных при недропользовании, осуществляется нормами природоохранного, земельного законодательства и законодательства о недрах, которые имеют существенные противоречия в части порядка проектирования и проведения рекультивации земель, что усложняет практику правоприменения. Многие исследователи правового регулирования рекультивации земель рассматривают лишь природоохранную функцию этого процесса, однако действующее правовое регулирование проектирования и проведения рекультивации земель, нарушенных при недропользовании, нуждается в существенной переработке, учитывающей дуалистичность этого процесса, заключающуюся в совмещении природоохранных и природоресурсных задач рассматриваемой деятельности.

Библиографический список

1. ГОСТ 17.5.1.01-83 «Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения»

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ЗА РУБЕЖОМ

Буткевич А.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

Значительные площади земли подвергаются разрушительному воздействию горнодобывающих и других отраслей промышленности в США, Англии, Германии, Польше, Китае и других странах. Восстановлению нарушенного промышленностью ландшафта и земель здесь уделяется большое внимание, накоплен значительный опыт. Необходимость рекультивации нарушенных земель с целью воспроизводства продуктивных угодий и охраны окружающей среды осознана в большинстве стран мира.

Ключевые слова: нарушенные земли, рекультивация, охрана окружающей среды.

Значительные площади земли подвергаются разрушительному воздействию горнодобывающих и других отраслей промышленности в США, Англии, Германии, Польше, Китае и других странах. Восстановлению нарушенного промышленностью ландшафта и земель здесь уделяется большое внимание, накоплен значительный опыт.

Необходимость рекультивации нарушенных земель с целью воспроизводства продуктивных угодий и охраны окружающей среды осознана в большинстве стран мира.

Впервые мероприятия по восстановлению горных выработок упоминаются в Венгрии. В пятнадцатом веке Король Сизигмунд приказал восстановить лесные массивы, разрушенные горными работами.

Разработка полезных ископаемых открытым способом изначально велась преимущественно вручную или с применением примитивной техники. Горные выработки были неглубокими, неравномерными и не вносили значительных изменений в природные ландшафты, а мероприятия по восстановлению нарушенных земель сводились к небольшим агротехническим мероприятиям, обеспечивающим возможность дальнейшего использования земель в хозяйственных целях.

Первые крупные работы по рекультивации промышленных ландшафтов были проведены в Германии. В провинции Райланд, в 1766 году, была произведена посадка деревьев на отвалах горнорудных предприятий, а уже в 1923 году были облагорожены отвалы Рейнского бурогоугольного бассейна на площади 242 гектара.

В Великобритании работы по рекультивации проводились с конца XIX

века, нарушенные каменноугольной и железорудной промышленностью районы, засаживались деревьями.

В Чехии и Словакии в начале 60-х годов для восстановления природных ландшафтов и улучшения санитарной обстановки в промышленных районах создавались лесонасаждения.

В Болгарии, Венгрии, Румынии в то же время разработаны и использованы методы сельскохозяйственной рекультивации с применением потенциально плодородных пород. В настоящее время это сотни гектаров земель для произрастания зерновых культур.

Большой опыт рекультивации накоплен в США. В 1902 году в Министерстве внутренних дел была учреждена служба рекультивации. В 1918 году в штате Огайо отвалы угольных разработок были засеяны клевером, а в штате Индиана высажены лесные культуры и заложен фруктовый сад.

В 1978 г. в США приняты новые Правила разработки месторождений и рекультивации, которые обязывают предпринимателей обеспечивать ценность восстановленных земель на уровне, бывшем до разработки, или выше его; придавать им очертания, соответствующие окружающему рельефу; почвенный слой разрабатывать селективно и укладывать его на поверхности отвалов или складировать в отдельных отвалах для последующего использования при рекультивации; уменьшать нарушение гидрогеологического баланса местности, проектировать и отсыпать невысокие и плоские отвалы вскрышных пород; взрывные работы проводить в соответствии с законами, действующими в штатах и стране, проектируя такие параметры взрывов, которые не дают побочных нарушениям окружающей местности; обеспечивать восстановление сплошного покрова растительности на нарушенных территориях; предусматривать мероприятия по предотвращению смыва почв с откосов крутизной более 20 градусов. Правила обязательны для всей страны с некоторыми исключениями и дополнениями для отдельных штатов. Федеральным и штатным контролирующим органам вменяется в обязанность регулярно инспектировать действующие горные предприятия. Для выполнения работ по охране и восстановлению земель на горных предприятиях создан Централизованный фонд путем отчислений из расчета на каждую тонну добытого угля. До 20 % этого фонда может быть израсходовано на субсидии землевладельцам, купившим нерекультивированные земли.

На всех угольных карьерах, как правило, восстановительные работы проводятся непосредственно вслед за горными. Применяемая техника и технология горнотехнической рекультивации отвалов находятся в прямой зависимости от типа вскрышного и отвального оборудования и схем комплексной механизации вскрышных работ.

В последние годы принимаются новые законодательные акты и директивные документы, в которых требования к проведению горных работ значительно повышаются и конкретизируются. Так, Горным управлением штата Новый Южный Уэльс (Австралия) установлены следующие требования: при

выборе способа разработки месторождения одновременно определяется способ рекультивации нарушенных земель; работы по рекультивации включаются в технологию горного производства; все затраты по восстановлению земель относятся на себестоимость добываемого полезного ископаемого; восстановленные земли должны иметь экономическую и эстетическую ценность не ниже, чем они имели до начала разработки месторождения.

Административный контроль за выполнением указанных требований возлагается на муниципальные советы, которые совместно с Комиссией штата по контролю за загрязнением окружающей среды и руководством горнодобывающей фирмы определяют условия эксплуатации месторождения и рекультивации отработанных земельных участков [1].

Значительное увеличение ущерба, наносимого промышленностью природе, потребовало решение данного вопроса. В первой половине XX века в развитых странах разработаны и приняты законопроекты и постановления, содержащие юридические основы, порядок проектирования, организации и практического осуществления рекультивационных работ, источники финансирования рекультивации и возмещения убытков нанесенных производственной деятельностью, мероприятия по оздоровлению техногенных ландшафтов.

Один из самых известных проектов по рекультивации - создание парка Freshkills на острове Статен-Айленд в Нью-Йорке. Когда-то здесь располагалась самая крупная в мире свалка. Она функционировала больше 50 лет — с 1948 по 2001 год, когда сюда в последний раз вывезли отходы. Сегодня ее превращают в крупнейший в мегаполисе парк с многочисленными детскими и спортивными площадками, а также разнообразными возможностями для прогулок, катания на велосипеде, верховой езды и даже каякинга. Здесь также можно будет наблюдать за жизнью диких животных. На территории парка обитают множество видов птиц, млекопитающих, амфибий и рептилий. Работы по рекультивации пока продолжаются, окончательно завершить их планируется в 30-х годах. В окончательном виде Freshkills будет в три раза больше Центрального парка Нью-Йорка. А пока территория открывается для посетителей поэтапно, завершены работы в парке Schmul с полями для гандбола и баскетбола, а также детской площадкой с оборудованием для подвижных игр, открыты футбольные поля Owl Hollow Fields. В 2015 году вдоль восточной окраины парка открылась велосипедная дорога New Springville Greenway.

Еще одним примером удачной рекультивации бывшей свалки стал парк Kumparepuisto в городе Котка в Финляндии. Сегодня это зеленый парк для отдыха площадью около шести гектаров, а некогда — мусорный полигон. После проведения необходимых работ его превратили в благоустроенную зону, где созданы условия для отдыха на свежем воздухе в любое время года. Превратить свалку в благоустроенный парк удалось после проведения работ по формированию ландшафта, для которых потребовалось около миллиона кубометров грунта.

В мае 2009 года в городе Фусинь провинции Ляонин (Северо-

Восточный Китай) был открыт горный парк, созданный на месте угольного разреза «Хайчжоу», который в 1950-х годах являлся крупнейшим в Азии и вторым крупнейшим в мире карьером.

Карьер «Хайчжоу» был открыт в 1953 году и проработал почти полвека, до 2005 года, когда его закрыли по причине истощения угольных ресурсов. В 2007 году там началось строительство рудника-музея общей площадью 28 кв. км. Рудник-музей делится на тематические зоны: «Происхождение Земли и жизни», «Освоение угольных шахт и жизнь человека», «Охрана полезных ископаемых и окружающей среды», «Осмотр пород и ископаемых минералов», «Промышленное наследие и развитие туризма».

Самая большая яма Европы - это крупнейший на континенте открытый карьер Нижнерейнского угольного бассейна Хамбах. «Новая земля», - так называется программа рекультивации, которую обязался взять себя энергетический концерн RWE в Германии. По замыслу инициаторов проекта, к 2100 году угольный карьер глубиной до 450 метров должен превратиться в крупнейшее пресноводное озеро Германии. Несколько десятилетий уйдет на то, чтобы заполнить огромный котлован водой, которую с помощью специально для этого построенного трубопровода будут качать из Рейна. На этом месте раскинется огромный парк отдыха для велосипедистов, скейтбордистов, любителей пеших походов и водного спорта.

В некоторых странах созданы и пользуются популярностью музеи горного дела, чьи экспозиции размещены в старых закрытых шахтах и цехах, где воспроизведена обстановка предприятий и представлены старинные машины, приспособления и инструменты. Например, в Германии существует музей горного дела «Ахталь». В канадском Ванкувере на месте шахты по добыче медной руды, закрытой в 1960-е годы, также работает горный музей.

Библиографический список

1. Кожевников Н. В., Заушинцена А. В. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель // Вестник Кемеровского государственного университета. 2017. № 1.

УДК 622.32

ОБЗОР ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БВР

Шарков Н.А., Тарасов А.Г.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

Программно-технический комплекс (ПТК) «Blast Maker» это практиче-

ская реализация современного подхода к проектированию буровзрывных работ на карьерах на основе передовых технологий в микропроцессорной технике и программировании.

Ключевые слова: буровзрывные работы, программно-технический комплекс, автоматизация процессов.

Вскрышные работы на разрезе практически полностью выполняются с применением БВР. В качестве исходной геологической информации для проектирования БВР используются данные по геологоразведочным скважинам, которые зачастую находятся даже вне взрываемого блока.

При этом принимается, что представленная по этим данным геологическая структура едина для всего блока, а это далеко не всегда соответствует действительности, поскольку разрабатываемый массив горных пород имеет сложно структурированное строение, расположение крепких и слабых слоёв постоянно меняется и предсказать размещение крепких слоёв по глубине практически невозможно. Проект на БВР, выполненный на основе таких данных, зачастую приводит к неравномерному дроблению горной массы, большому количеству негабаритов. В некоторых случаях оказывается необходимым повторное взрывание части блока.

Следует также отметить тот факт, что в отсутствии детальной геологической информации геологи предприятия при формировании предполагаемой структуры выбранного блока ориентируются, в соответствии с общепринятой в отрасли практикой уменьшения выхода негабаритов, на максимально возможную крепость породы на блоке.

Это приводит к завышению требуемой энергии взрыва для разрушения блока, и, как следствие - к перерасходу ВВ и к переизмельчению массива.

Непредсказуемая неоднородность прочностных свойств горных пород остаётся главным фактором, осложняющим ведение горных работ и, например, достижение требуемого качества дробления горной массы. Геологическая разведка в общем случае не может дать достаточно точной и подробной информации о структуре массива и прочности горных пород.

Необходимо применение новых методов для оперативного учёта характеристик массива в границах разрушаемого блока. Один из эффективных способов получения необходимых сведений о свойствах взрываемого массива использование цифровых технологий для получения непосредственно с бурового станка в процессе бурения взрывных скважин, в том числе такого параметра, как удельная энергия бурения.

Данный подход привлекателен прежде всего тем, что не нарушает существующего на карьере режима работ и не требует затрат на проведение дополнительных геофизических работ по детализации свойств горных пород взрываемого блока.

Программно-технический комплекс (ПТК) это практическая реализация такого подхода на основе передовых технологий в микропроцессорной

технике и программировании.

Комплекс включает в себя информационно-аналитический программный пакет и систему сбора и передачи данных о свойствах массива, определяемых в процессе бурения взрывных скважин.

Комплекс позволяет выполнять контроль над бурением, используя данные, полученные с каждого бурового станка в режиме реального времени, изучать прочностные свойства массива горных пород и непрерывно отслеживать динамику их изменения в пределах карьерного поля. Данная информация с применением инструментов проектирования и моделирования программного пакета позволяет оптимизировать параметры конструкции заряда и БВР.

В условиях высокой интенсивности горных работ на карьерах, комплекс обеспечивает оперативность и огромное количество проектных решений при выполнении БВР.

В основу работы системы положена методика определения прочностных характеристик массива по данным удельной энергоёмкости бурения, которая зависит от таких параметров, как: нагрузка на шарошечное долото (осевое давление), сечение скважины, тип шарошечного долота, скорость вращения бурового става, вращающий момент шарошечного долота, скорость проходки скважины, и др.

Результатами соответствующей обработки полученных данных от системы с места производства работ являются детализированное пространственное распределение удельной энергоёмкости бурения, прочностные характеристики пород, распределение крупных трещин и тп [1].

После накопления достаточной статистической информации появляется возможность идентифицировать породы по прочностным характеристикам, что позволяет получить такие геологические характеристики блока, как, например, для угольного месторождения, залегание кровли угольного пласта, положение кондиционных и некондиционных пластов, расщепление пластов, угол падения, нарушения, контакты породы и др. Такой массив информации сопоставим с комплексом геофизических исследований.

При этом, например, данные по энергоёмкости бурения скважин обеспечивают получение информации о залегании кровли угольного пласта с гораздо большей точностью, чем данные геологической разведки.

Получаемая реальная детализированная структура массива с применением различных инструментов ПТК, таких как модули имитационного моделирования, прогнозирования и визуализации результатов взрыва позволяют проектировщику решать широкий спектр задач БВР, в том числе определение оптимальной конструкции заряда, выбор оптимального проекта на БВР и др.

Решение вышеперечисленных задач позволяет достичь таких результатов, как снижение разубоживания угля при выемке полезного ископаемого, увеличение выхода товарной продукции, снижение расхода ВВ, повышение качества дробления и, как следствие, снижение расходов на экскавацию и др.

Знание пространственного расположения кровли, например, позволяет корректировать глубину пробуренных скважин таким образом, чтобы для угольных месторождений они точно располагались над поверхностью угольного пласта. Это приводит к существенной экономии ВВ за счёт устранения перебуров и предотвращает разубоживание угля раздробленными фрагментами пустой породы [2].

Пакет «Blast Maker» позволяет достаточно быстро спроектировать массовый взрыв блока, оценить проект, используя возможности имитационного моделирования; наглядно увидеть слабые места проекта, оперативно внести изменения и получить оптимальный проект на БВР.

Библиографический список

1. Штумпф Г.Г., Рыжков Ю.А., Шаламанов Н.А., Петров А.И. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник. - М.: Недра, 1994. -244с.

2. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Учебник для вузов. Ч. 1, 1.- м.: Недра, 1985.-215 с.

УДК 622.32

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕТЬЕГО ЭТАПА ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ В ГРАНИЦАХ ЛИЦЕНЗИИ 11672 КЕМ СО ВТОРОЙ ПО ВОСЬМУЮ РАЗВЕДОЧНЫЕ ЛИНИИ

Лорнхарт Д.С., Матвеев А.В., Лобанова О.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: matveev-av@yandex.ru*

Применение технологии поточной выемки, в сравнении с циклической технологией, позволяет сегодня добиться не только более высоких экономических результатов, что находит выражение в повышении производительности угольных и рудных карьеров, но также благодаря сокращению выбросов CO₂, является и более экологически чистым способом добычи полезных ископаемых.

Ключевые слова: технология поточной выемки, грузопоток, конвейер.

Возможность осуществления непрерывно-поточного процесса добычи полезных ископаемых определяется, в основном, физико-механическими свойствами разрабатываемых горных пород. При разработке легких, несвязных и рыхлых грунтов поточная технология, основанная на применении в забоях роторных экскаваторов, создает преимущество, обеспечивающее непрерывную экскавацию и последующую транспортировку материала по си-

стеме ленточных конвейеров. Чтобы получить возможность организации такой же непрерывной добычи твердых и абразивных материалов, например, различных мономинералов, руд и каменных углей, были разработаны дробильные комплексы, измельчающие горную массу и перегружающие ее на непрерывно работающие ленточные конвейеры [1].

Дробильные комплексы могут быть выполнены в стационарном (чаще всего на бетонных фундаментах) либо в полумобильном исполнении на стальных конструкциях. Обычно через довольно большие промежутки времени полумобильные дробильные комплексы разбирают на отдельные модули и перемещают (с помощью многоколесных или гусеничных тягачей) в новое место карьерного пространства.

При циклично-поточной технологии предварительно взорванная горная масса (вскрышные породы и полезные ископаемые) загружается одноковшовыми экскаваторами в большегрузные самосвалы, которые транспортируют ее к дробильному комплексу.

Применяемая при разработке месторождения обычная технология с использованием экскаватора и автосамосвалов характеризуется невысоким коэффициентом производительного использования горного и транспортного оборудования ввиду цикличности процессов выемки, погрузки и транспортирования горной массы.

Цикличность этих процессов обуславливает простои (потери части фонда рабочего времени) экскаватора в ожидании порожнего транспорта, и транспорта – в ожидании погрузки в забое. Полностью мобильный дробильный комплекс всегда располагается в радиусе разгрузки ковша добычного или вскрышного экскаватора, а вынутая экскаваторами горная масса разгружается из ковша в приемный бункер дробильного комплекса, и после дробления до фракций, требуемых ленточными конвейерами, непрерывным потоком поступает на конвейерную систему (на сборочные, магистральные и подъемные конвейеры) карьера. Для увеличения радиуса транспортирования горной массы из забоя на магистральные (соединительные) конвейеры часто используются самоходные конвейерные перегружатели.

В случае перевода карьера на полностью поточную технологию с заменой всего парка самосвалов на один (единственный) дробильный комплекс, и неизбежного при этом высвобождения в забоях части одноковшовых мехлопат или гидравлических экскаваторов, они, тем не менее, могут использоваться и в дальнейшем, так как на определенных стадиях проектирования и реконструкции горных работ вместимость и высота бункера могут быть увеличены в соответствии с производительностью одного или нескольких экскаваторов, горная масса из забоев которых будет направляться на один (общий) мобильный дробильный комплекс.

Система непрерывно-поточной выемки вскрышных пород и полезных ископаемых в карьере (разреze) позволяет сократить штат работающего персонала при сохранении равной производительности предприятий. В частно-

сти, для системы «дробилка-конвейер» штат рабочей смены составляет не более 3–4 человек, осуществляющих оперативное управление оборудованием. Использование же автосамосвалов для выполнения такого же объема работы потребует в несколько раз большего количества работающих. Наряду с прямой экономией заработной платы и дополнительных отчислений по заработной плате, суммарная экономия расходов дополняется еще значительно меньшими расходами на обеспечение эксплуатационной безопасности работающей техники. Во всем мире в крупных разрезах и карьерах парк автосамосвалов и другой мобильной техники, как правило, представлен разнообразными автосамосвалами, отличающимися не только фирмой-изготовителем, но и грузоподъемностью.

В результате этого, расходы на содержание склада запасных частей и поддержание неснижаемого запаса их широкой номенклатуры могут составлять довольно внушительную сумму. Напротив, полностью мобильные дробильные комплексы с системой ленточных конвейеров и перегружателей позволяют без больших затрат поддерживать стандартный объем запасных и быстро изнашиваемых частей.

В связи с тем, что полностью мобильные дробильные комплексы работают исключительно на электроприводах, баланс выбросов CO₂ в атмосферу разреза (карьера) выглядит значительно лучше, чем при использовании автосамосвалов, работающих на дизельном топливе.

Еще один положительный, с экологической точки зрения, эффект от применения полностью поточной технологии заключается в том, что, благодаря сокращению всего парка большегрузных самосвалов, отпадает необходимость расходования крупногабаритных шин: общая масса резины для их изготовления на 95% больше, чем на изготовление конвейерных лент для всей системы непрерывного карьерного транспорта.

Замена внутрикарьерного автомобильного транспорта на призабойном плече доставки горной массы на инновационный полностью мобильный дробильный комплекс нередко побуждает заказчика задуматься о приобретении и другой техники непрерывного действия.

Отличительная особенность карьерной техники непрерывного действия заключается в довольно продолжительном сроке службы и эксплуатации комплектного оборудования. Один из многочисленных примеров: внутрикарьерная система дробления с конвейерным транспортом на поверхность медной руды месторождения Morenci в США, которая была введена в эксплуатацию в конце 1980-х годов. Еще одним примером может служить комплект технологического оборудования для разработки открытым способом месторождения бурых углей в Рейнском бассейне, принадлежащего компании RWE (Германия).

Упомянутый выше большой срок службы систем, с одной стороны, создает однозначно положительный имидж такой техники и, с другой стороны, позволяет клиенту всегда быть уверенным в надежном и стабильном снаб-

жении запасными и быстроизнашиваемыми частями и компонентами рабочего оборудования всех видов техники, составляющих систему непрерывно-поточной технологии открытой разработки месторождений.

Уже упомянутая высокая степень эксплуатационной готовности системы непрерывного действия для открытой разработки месторождений крупными разрезами (рудными карьерами) прямо способствует эффективному использованию инвестиций. Вместе с тем, существенно повышается коэффициент производительного использования, работающего в забоях выемочно-погрузочного оборудования циклического действия (механических лопат или гидравлических экскаваторов).

Существенное уменьшение текущих эксплуатационных издержек обусловлено не только резким снижением численности обслуживающего технику персонала, но и персонала для проведения мероприятий по обеспечению эксплуатационной безопасности работы людей на этой технике. Снижение расходов на изнашиваемые части, стандартизация и большая унификация запасных частей для оборудования поточной технологии добычи полезных ископаемых вместе с полным отказом от использования карьерных автосамосвалов полностью исключает влияние фактора удорожания дизельного топлива и шин. Всё это оптимизирует эксплуатационные расходы на добычу каждой тонны сырья и приводит их к высококонкурентным, а иногда и к минимальным уровням. Полностью мобильные дробильные комплексы достигают такой часовой производительности, которая возможна только при использовании большого числа большегрузных карьерных самосвалов грузоподъемностью от 140 до 350 тонн. В среднем, для каждого самосвала один раз в год требуется замена полного комплекта (6 штук) шин. Стоимость комплекта в зависимости от грузоподъемности автосамосвала колеблется в настоящее время в пределах 90 тыс. – 300 тыс. евро. Ситуация осложняется еще тем, что сроки выполнения заказа на поставку шин могут составлять до 2 лет.

Уровень новизны этого оборудования характеризует ряд отличительных признаков: наивысшая степень свободы дробильного комплекса в комбинации с одной единственной поворотной разгрузочной ленточной консолью; статически уравновешенная несущая конструкция, устойчивая при работе всего комплекса без дополнительной опоры и тем самым обеспечивающая полную мобильность дробильного комплекса.

Новизна концепции заключается в возможности нахождения этого комплекса в призабойном пространстве, на расстоянии не более радиуса разгрузки мехлопаты (или гидравлического экскаватора) и постоянного перемещения дробильного комплекса вслед за продвижением забоя экскаватора, что обеспечивает гибкость функционирования всей системы выемочно-погрузочных и транспортных работ в разрезе. В сочетании с конвейерным транспортом данный комплекс позволяет полностью отказаться от использования автомобильного транспорта, в том числе на плече доставки горной массы «забой-бункер дробилки».

Первый полностью мобильный дробильный комплекс уже почти год успешно эксплуатируется на крупнейшем угольном разрезе в Китае, работая с полной проектной мощностью с первого дня эксплуатации. Второй комплекс вскоре будет запущен на карьере по добыче нефтеносных песков в Канаде.

Кроме сокращения затрат на добычу полезного ископаемого технология разработки на основе новой полностью мобильной дробильной системы, обеспечивает также существенное снижение выбросов CO₂ в окружающую атмосферу[2].

Библиографический список

1. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.
2. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М.: Челябинск, 1991. – 326 с.

УДК 622.271.32

СПОСОБ УСКОРЕННОЙ МЕХАНОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Матвеев А.В., Гинеборг А.П., Сенкус Вал.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Сенкус В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В статье рассматриваются способы рекультивации открытых горных выработок и предлагается способ ускоренной рекультивации выработанного пространства открытых горных выработок, который включает последовательную ступенчатую укладку трубчатых дренажей для ускорения сброса воды и снижение динамического давления на тело дамбы.

Ключевые слова: Способ, ускорение, механогидравлическая рекультивация, закладка, открытые выработки, вскрышные породы

Способ ускоренной рекультивации выработанного пространства открытых горных выработок служит для гидравлической закладки выработанного пространства открытых горных выработок породами внешних отвалов и может быть использован при рекультивации нарушенных земель в различных отраслях промышленности.

В работах [1-5] представлены различные способы рекультивации открытых горных выработок, включающих отделение плодородного слоя при вскрытии запасов полезных ископаемых и складирование горных пород при их отработке, планировку открытых горных выработок закладкой горной по-

родой и нанесение плодородного слоя с восстановлением растительности в соответствии с направлением использования земель.

При закладке пород в открытые горные выработки используют различные способы с использованием различных технических средств и способов выполнения операций.

Целями работы являются ускорение осаждения взвешенных частиц, дренажа воды из гидроотвала, повышения устойчивости дамбы при механо-гидравлической рекультивации выработанного пространства открытых горных выработок.

Для достижения поставленных целей проводят ряд мероприятий и операций:

- для ускорения осаждения взвешенных частиц, дренажа воды из гидроотвала, повышения устойчивости дамбы, ее отсыпают или намывают отсортированными скальными породами размером от 10 до 140 мм из вскрышных отвалов;

- в теле дамбы укладывают равномерно и ступенчато трубчатые дренажи по длине дамбы с углом наклона 5-6° в сторону разреза, которые со стороны гидроотвала закрыты пластинчатой решеткой типа «жалюзи» с горизонтальным расположением щелей, имеющих ширину 10 мм, с углом наклона пластин 55°, верхними кромками обращенными в сторону поступления воды, и жестко связанной с верхним краем трубы дренажа заслонкой, имеющей зазор с нижним краем трубы дренажа 100 мм, при этом площадь заслонки больше сечения дренажной трубы и имеет квадратную форму, а со стороны разреза они соединены с трубчатыми водосбросами, уложенными на откосе дамбы, которые сбрасывают дренажные воды в дренажную канаву разреза, проложенную вдоль дамбы разреза и связанную с системой дренажных канав, сбрасывающих воду в отстойник разреза, разделенный на две части плавающей перегородкой для загрязненной и отстоявшейся воды, в последней из которых располагается плавающий понтон с насосной установкой для подачи воды по водоводу на пульпоформирование;

- намыв горных пород и заполнение карты производят последовательно от участка, находящегося на диаметрально противоположной стороне от нижнего трубчатого дренажа, обратным ходом, а от участка нижнего трубчатого дренажа до верхнего прямым ходом с наращиванием пульповода, при этом, сокращаемый и наращиваемый пульповод укладывается на уступе разреза или дамбе карты, имеет равномерно расположенные выпуски с запорной арматурой, к которым могут быть подключены гибкие рукава для качественной закладки карты после уплотнения грунта; расстояние между дренажными трубами равно длине фронта отвальных работ, которая определяется по формуле В.А. Мелентьева

$$L = 0,01 \sum_{d_{10}}^{d_{140}} F_i L_i,$$

где F_i – содержание фракций от d_{10} до d_{140} ;

L_i – длина намывтой зоны каждой из i -х фракций пород, м;

$$L_i = \frac{F_i \gamma_{ci}}{F_1 + F_2 \frac{\gamma_{c1}}{\gamma_{c3}} + \dots + F_n \frac{\gamma_{cn-2}}{\gamma_{cn}}} L,$$

где γ_{ci} – удельная плотность скальной i -й породы, т/м³;

n – количество скальных пород;

L – длина откоса намыва от выпуска до центральной части прудка, а количество трубчатых дренажей определяется, как целая часть числа по формуле

$$|n| = \frac{L_D}{L_{d_{10D}}},$$

где L_D – длина дамбы, м;

Высота ступени H_1 укладки трубчатых дренажей определяется по формуле

$$H_1 = \frac{H}{|n|},$$

где H – высота дамбы, м, при этом верхний трубчатый дренаж укладывается в тело дамбы на расстоянии 0,5 м от борта разреза и глубине равной расчетной величине ветровой волны в прудке, а нижний трубчатый дренаж устанавливается на расстоянии и высоте 1-1,5 м от борта и дна разреза, а дренажную канаву при окончательном заполнении карты устраивают в место верхнего трубчатого дренажа с использованием его водосброса на откосе дамбы.

Способ ускоренной механогидравлической рекультивации выработанного пространства открытых горных выработок включает: отсыпку автотранспортом или намыв дамбы для гидроотвала вскрышных пород; укладку пульповода на уступе разреза или дамбе; намыв горных пород и заполнение карты; дренаж воды через тело дамбы и трубчатые дренажи в дамбе; водосброс дренажных вод по трубам на внешнем откосе дамбы в дренажные канавы разреза, гидравлически соединенные с отстойником разреза, подача воды на пульпоформирование, подачу пульпы на гидрозакладку, *отличается тем*, что: для ускорения осаждения взвешенных частиц, дренажа воды из гидроотвала, повышения устойчивости дамбы, ее отсыпают или намывают отсортированными скальными породами размером от 10 до 140 мм из вскрышных отвалов, а в теле дамбы укладывают равномерно и ступенчато трубчатые дренажи по длине дамбы с углом наклона 5-6° в сторону разреза, которые со стороны гидроотвала закрыты пластинчатой решеткой типа «жалюзи» с горизонтальным расположением щелей, имеющих ширину 10 мм, угол наклона пластин 55°, верхними кромками обращенными в сторону поступления воды, и жестко связанной с верхним краем трубы дренажа круг-

лой заслонкой с диаметром равным диаметру трубы дренажа, имеющей зазор с нижнем краем трубы дренажа 50 мм, а со стороны разреза трубчатые дренажи соединены с трубчатыми водосбросами, уложенными на откосе дамбы, которые сбрасывают дренажные воды в дренажную канаву разреза, проложенную вдоль дамбы разреза и связанную с системой дренажных канав, сливающих воду в отстойник разреза, разделенный на две части плавающей перегородкой для загрязненной и отстаившейся воды, в последней из которых располагается плавающий понтон с насосной установкой для подачи воды по водоводу на пульпоформирование; намыв горных пород и заполнение карты производят последовательно от участка, находящегося на диаметрально противоположной стороне от нижнего трубчатого дренажа, обратным ходом и демонтажем отработанной части пульповода, а от участка нижнего трубчатого дренажа до верхнего - прямым ходом с наращиванием пульповода на дамбе, при этом, сокращаемый и наращиваемый пульповод укладывается на уступе разреза или дамбе карты, имеет равномерно расположенные выпуски с запорной арматурой, к которым могут быть подключены гибкие рукава для качественной закладки карты после уплотнения грунта.

При намыве пород через удаленный выпуск пульповода в гидроотвал и заполнения карты, вода вместе со взвешенными частицами растекается по дну карты, где происходит осаждение взвешенных частиц, достигает дамбы, дренирует через ее тело и поступает в дренажные канавы разреза.

По мере расширения гидроотвала взвешенные частицы забучивают дренажные каналы дамбы, повышая уровень воды в карте пока он не достигнет нижнего трубчатого дренажа, через который вода сбрасывается по водосбросу в дренажные канавы разреза и поступает в отстойник разреза, разделенный плавающей перегородкой на две части загрязненной и осветленной воды, в последней из которых располагают плавающий понтон с насосной станцией, перекачивающей воду по трубопроводу на пульповормирование, образуя замкнутый цикл. Постепенно нижний трубчатый дренаж заиливается и циклы подъема воды и дренажа воды через дамбу повторяются до полного заполнения карты, при этом водосброс нижнего дренажа демонтируется, а труба извлекается для повторного использования. Более интенсивный сброс воды и ее низкий уровень при заполнении карты не создают динамического давления на дамбу и повышают ее устойчивость. На последнем этапе после усадки пород карта пополняется, при этом на месте верхнего трубчатого дренажа проводят дренажную канаву для сброса воды с использование водосброса верхнего трубчатого дренажа.

Техническим результатом является ускорение осаждения взвешенных частиц, за счет дренажа воды из гидроотвала, повышение устойчивости дамбы за счет снижения динамического давления и дренажа воды через тело дамбы и перепуска ее через трубчатые дренажи, а также последовательного, распределенного сброса пульпы обратным ходом, от наиболее удаленного участка к ближним участкам дамбы.

Библиографический список

1. Патент РФ № 2297533. Способ рекультивации открытых горных выработок. МПК E21C 41/32 (2006.01) авторы и патентообл. Сенкус В.В., Фомичев С.Г., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. Заявл. 26.08.2005. Оpubл. 20.04.2007. Бюл. № 11.
2. Патент РФ № 2655548. способ рекультивации открытых горных выработок МПК E21C 41/32 (2006.01) Патентообл. Ермаков А.Ю. Сенкус В.В. Авторы Ермаков А.Ю., Сенкус В.В., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. и др. Заявл. 26.06.2017. Оpubл. 28.05.2018. Бюл. № 16.
3. Нурок Г.Н., Луговинов А.Г., Шерстюков А.Д. Гидроотвалы на карьерах. - М.: Недра, 1977. – 311 с.
4. Патент РФ № 2569146. Способ механогидравлической рекультивации земель. МПК E21C 41/32 (2006.01) Патентообл. ФГБОУ ВПО «КемГУ» В.В. Авторы Сенкус В.В., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. и др. Заявл. 06.08.2014. Оpubл. 20.11.2015. Бюл. № 32.
5. Патент РФ № 2569145. Комплекс механогидравлической рекультивации нарушенных земель. МПК E21C 41/32 (2006.01) Патентообл. ФГБОУ ВПО «КемГУ» В.В. Авторы: Сенкус В.В., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. и др. Заявл. 06.08.2014. Оpubл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

УДК 622.271.32: 622.882

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТКРЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Матвеев А.В., Гинебург А.П., Сенкус Вал.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Сенкус В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В работе рассматриваются причины низких темпов рекультивации земель открытых горных выработок и предлагается использовать способ механогидравлической закладки выработанного пространства гидравлическим способом, включающим отсыпку дамб в выработанном пространстве, подготовку вскрышных пород к гидротранспорту, пульпоформирование, гидравлическую закладку карт и водоснабжение.

Ключевые слова: Механогидравлическая рекультивация, открытые выработки, вскрышные породы, подготовка, пульпоформирование, закладка карт.

В настоящее время на территории Российской Федерации добыча порядка 375 млн. т угля в год, на 192 предприятиях, из которых 65 % угля добывается открытым способом на 121 разрезе, в Кузбассе добыто в 2019 г.

255,3 млн. т угля, а к 2030 году добычу угля планируется довести до 350 млн. т в год с преимущественным развитием открытого способа 74-75 %.

Открытый способ добычи вносит негативный вклад в процессы деградации и уничтожения почвенного покрова на территории Кемеровской области, встречает сложности по отводу земельных участков для разрезов из-за отсутствия проведения восстановления нарушенных земель и вызывает социальную напряженность в обществе.

За 2018 год в Кузбассе нарушено земель 1,076 тыс. га (при разработке месторождений полезных ископаемых – 0,933 тыс. га, при строительных работах – 0,140 тыс. га), рекультивировано 0,028 тыс. га, что составляет 2,6 % от площади нарушенных земель.

Согласно статистическим данным 2-ТП (рекультивация), опубликованным Управлением Росприроднадзора по Кемеровской области, площадь нарушенных земель по состоянию на 01 января 2018 года составила 102,129 тыс. га, из них нарушено при разработке месторождений полезных ископаемых – 95,970 тыс. га, при проведении строительных работ – 3,063 тыс. га, при размещении промышленных и твердых бытовых отходов – 2,564 тыс. га.

Следует отметить многократное отставание по районам добычи в 8-30 раз площадей рекультивации от выводимой территории из землепользования.

В течение 30 лет в Кузбассе ежегодно выбывает из землепользования 1000-1500 га, а рекультивировалось до 1987 года 30-120 га.

Краткий анализ показывает, что рекультивация земель в горнодобывающей отрасли в Кемеровской области в течении многих лет не проводятся в должном объеме, при этом Закон Российской Федерации «О недрах» прямо не предусматривает обязанности недропользователя обеспечить проведение рекультивации нарушенных земель, а всего лишь прописана обязанность пользователя недр обеспечить приведение участков земли и других природных объектов, нарушенных при пользовании недрами, в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

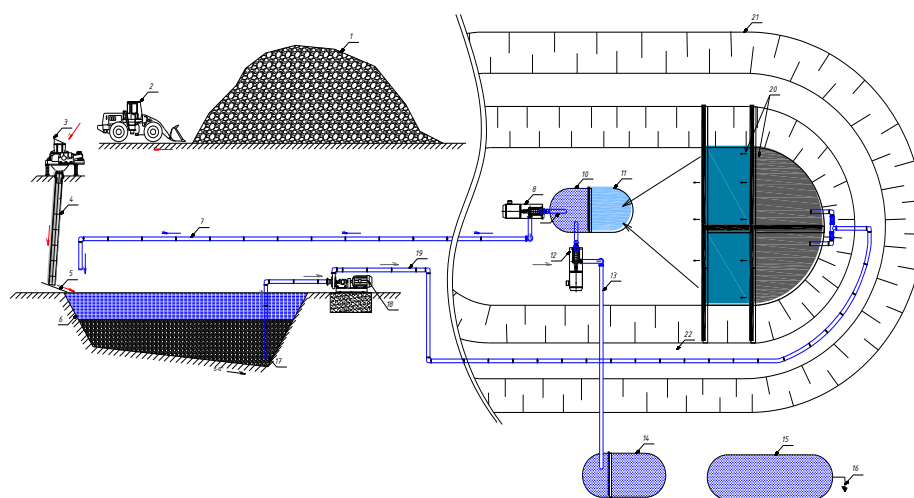
Следует особо отметить факт, что предоставление земельного участка для проведения работ, связанных с геологическим изучением и иным использованием недр, осуществляется в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, то есть после утверждения проекта проведения указанных работ - технического проекта и наличия утвержденного проекта, рекультивация земель не требуется. Наличие у собственника предприятия проекта на изучение недр с попутной добычей угля в объеме нескольких миллионов тонн полностью освобождает его от восстановительных работ и позволяет получать колоссальные прибыли, не имея обязательств по приведению участка земли в состояние пригодное для дальнейшего использования, а тем более проведения рекультивации земли.

В российской практике работ по рекультивации сложилась ситуация, что, работы по рекультивации земель после окончания разработок месторождений часто не проводятся. Наиболее распространённые способы, когда

после окончания работ юридическое лицо объявляет себя банкротом или перепродается фиктивным лицам.

Опыт показывает, что использование колесного транспорта для рекультивации нарушенных земель не является рентабельным, намного эффективнее проводить рекультивацию нарушенных земель гидравлическим или механогидравлическим способами.

Авторами на основе анализа работ [1-5] предлагается технологическая схема механогидравлической рекультивации нарушенных земель (рисунок 1), которая включает следующие технологические процессы: разборку отвалов вскрышных пород; отделение и дробление негабаритов; сортировку и классификацию коренных пород на крупную и мелкую фракции и отделение наносов; погрузку и доставку крупной фракции коренных пород для отсыпки фильтрующих дамб и образования гидрозакладочных карт в выработанном пространстве разреза; транспортировку крупной фракции коренных пород в смесительную емкость, куда подается вода в пропорции Т:Ж=1:2,1-2,5; транспортировку пульпы углесосом (грунтовым насосом) по пульповоду и гибким рукавам с задвижками в гидрозакладочные карты; подачу воды насосом по водоводу с задвижками из отстойника разреза в смесительную емкость для пульпоформирования.



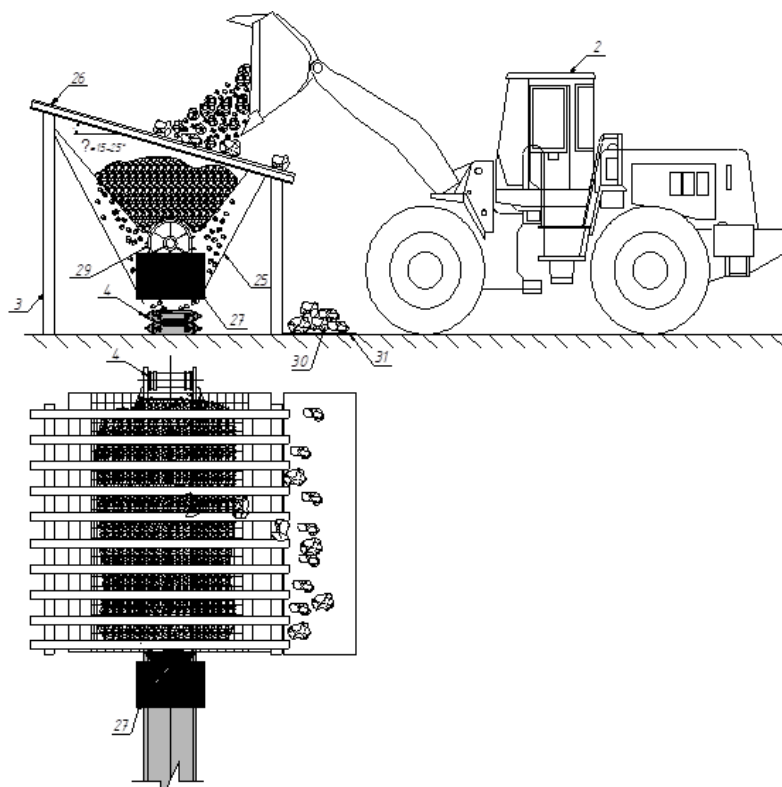
1 - внешний отвал вскрышных работ; 2 - погрузочная машина; 3 - дробильная установка на 100-150 мм; 4 - скребковый конвейер; 5 - лоток для подачи сыпучей массы; 6 - смесительная емкость; 7 - водовод; 8 - насос; 9 - всас насоса; 10 - отстойник разреза; 11 - предварительный отстойник разреза; 12 - насос водоотлива разреза; 13 - водовод водоотлива разреза; 14 - очистные сооружения; 15 - отстойник очищенных вод; 16 - сброс воды во внешние водоемы; 17 - всас землесоса; 18 - землесос; 19 - пульповод; 20 - карты гидрозакладочные; 21 - разрез; 22 - уступ разреза; 23 - задвижки; 24 - водосборник; 25 - валковая дробилка; 26 - защитная решетка; 27 - конусная (щековая дробилка); 28 - дамба; 29 - вал валковой дробилки со спирально установленными зубками; 30 - глыбы (негабарит); 31 - опорная плита; 32 - прямок углесоса; 33 - зумпф для сбора воды в приемке углесоса; 34 - насос (погружной) откачки воды; 35 - водовод сброса отстойной воды; 36 - всас насоса; 37 - мостки (сходни)

Рисунок 1 - Технологическая схема механогидравлической рекультивации нарушенных земель

Разборку отвалов коренных пород производят экскаваторами или другими средствами, горную массу загружают в валковую дробилку, закрытую защитной решеткой, поставленную под углом 15-25°, чтобы негабариты скапывались на опорную плиту, где погрузочная машина рабочим органом или ходовой частью дробит их и вновь загружает в валковую дробилку. При наличии автотранспорта, негабариты могут быть использованы для отсыпки опорных дамб гидротранспортируемых отвалов, чем повышается их устойчивость и фильтрационная способность.

Наиболее трудным в реализации технологическим процессом является подготовка вскрышных пород внешних отвалов к гидротранспорту. Сложность заключается в том, что отвалы формируются из кусков пород, размеры которых колеблются в диапазоне от 0 до 1200 мм, а пульповоды монтируются из толстостенных труб с внутренним диаметром 100-300 мм, поэтому породу следует подвергать дроблению, сортировке и классификации. Сортировки и классификации дополнительно вызвана необходимостью отделения глины и мелких классов пород для создания водоупорного и потенциально плодородных слоев почвы при рекультивации нарушенных земель.

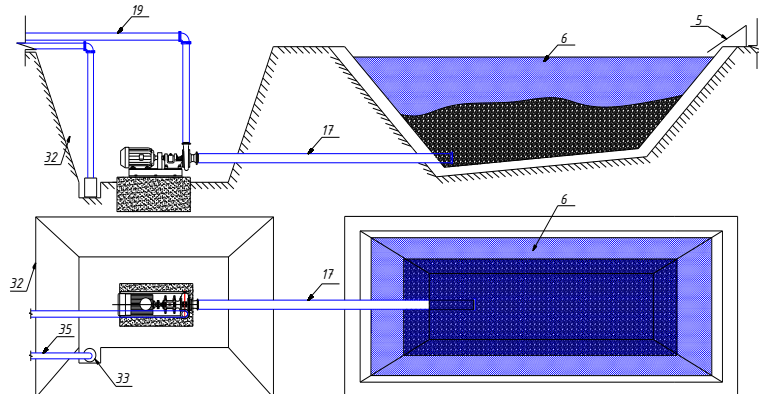
Для подготовки пород отвалов рекомендуется использовать дробильно-сортировочный комплекс, представленный на рисунке 2.



- :2 – погрузочная машина; 3 – дробильная установка на 100-150 мм;
 4- скребковый конвейер СР-70; 25 – валковая дробилка; 26 – защитная решетка;
 27 – конусная (щековая) дробилка; 29 – вал валковой дробилки со спирально
 установленными зубками; 30 – глыбы (негабариты); 31 – опорная плита

Рисунок 2 – Дробильно-сортировочный комплекс

Пульпоформирование производится в смесительной емкости 6, куда конвейером 4 или по наклонному лотку 5 подается сыпучая масса из валковой дробилки 25 и насосом 8 по водоводу 7 вода из отстойника разреза 10, которая смешивается с сыпучей массой и землесосом 18 по пульповоду 19 подается в гидрозакладочные карты 20 (рисунок 3).

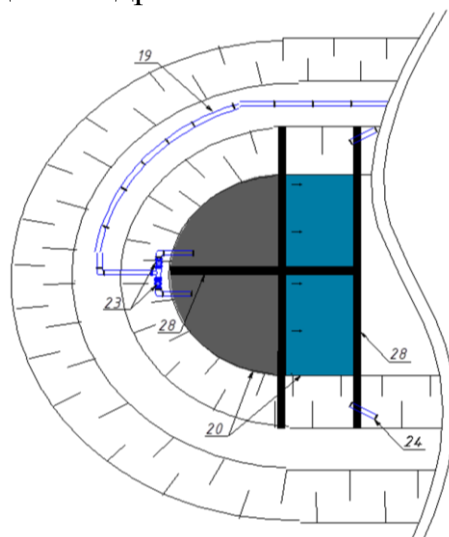


5 – лоток для подачи сыпучей массы; 6 – смесительная емкость; 17 – всас углесоса (грунтового насоса); 19 – пульповод; 32 – камера углесоса (грунтового насоса); 33 – зумпф для сбора воды в камере углесоса (грунтового насоса); 35 – водовод сброса отстойной воды

Рисунок 3 – Смесительная емкость с насосной камерой

В гидрозакладочных картах 20 твердая сыпучая масса оседает, а вода дренирует через тело отсыпанных дамб 28, а при заполнении карт уходит переливом и по дренажным канавам разреза в предварительный отстойник 11 разреза, гидравлически связанный с основным отстойником разреза 10.

Заполнение карт гидроотвалов (рисунок 3) производится с использованием гибких рукавов, подключаемых к пульповоду, который располагается на уступе выше уровня дамб гидроотвалов.



19 – пульповод; 20 – карта гидрозакладки; 23 – задвижка; 24 – водосброс из карты; 28 – дренажная дамба

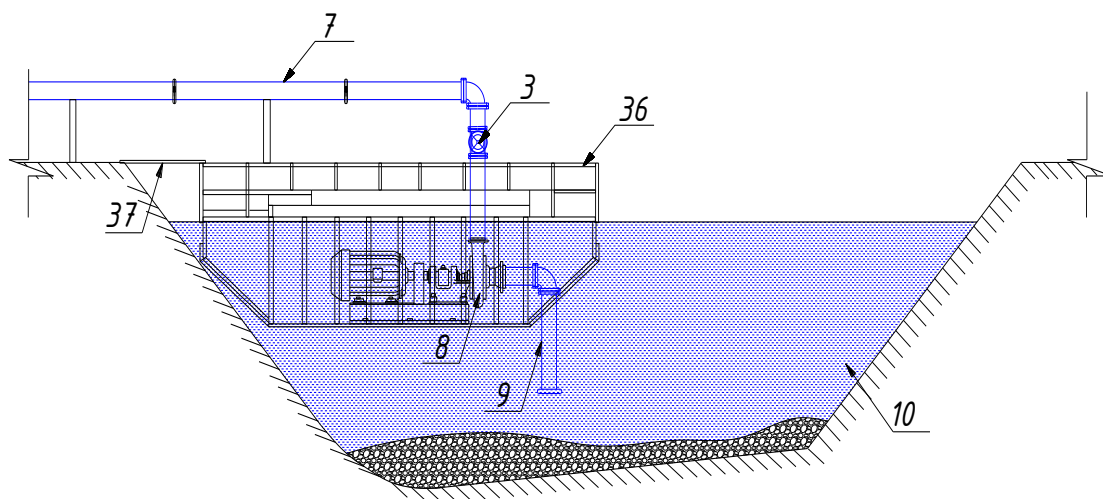
Рисунок 3 – Карты гидроотвалов

Для снижения давления пульпы на дренажные дамбы, они отсыпаются в виде ячеек или карт, в которые заполняются пульпой до верхнего уровня.

После заполнения карт гидроотвалов дается время для осадки пород, после чего карты пополняются, отстаиваются и на их поверхность наносится водоупорный слой глины гидравлическим способом или колесным транспортом в соответствии с технологией рекультивации земель.

Подготовка гидрозакладочных карт и отсыпка дамб на внутреннем отвале разреза может производиться механизированным и механогидравлическим способами в соответствии с графиком их отстаивания и наращивания ярусов.

Подача воды на пульпоформирование производится из отстойника разреза, куда стекаются дренажные воды его бортов, гидрозакладки карт и ливневые стоки, насосной установкой, расположенной на плавающем понтоне (рисунок 4), нижнем уступе или дне разреза.



3 – запорная арматура; 7 – водовод; 8 – насос центробежный; 9 – всас насоса (центробежный насос); 10 – отстойник разреза; 36 – понтон; 37 – мостки (трап)

Рисунок 5 – Насосная установка водоснабжения

Эффективность механогидравлической рекультивации открытых горных выработок в 2-3 раза выше, чем при использовании гидротранспорта.

Библиографический список

1. Патент РФ № 2297533. Способ рекультивации открытых горных выработок. МПК E21C 41/32 (2006.01) авторы и патентообл. Сенкус В.В., Фомичев С.Г., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. Заявл. 26.08.2005. Оpubл. 20.04.2007. Бюл. № 11.

2. Патент РФ № 2655548. способ рекультивации открытых горных выработок МПК E21C 41/32 (2006.01) Патентообл. Ермаков А.Ю. Сенкус В.В. Авторы Ермаков А.Ю., Сенкус В.В., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. и др. Заявл. 26.06.2017. Оpubл. 28.05.2018. Бюл. № 16.

3. Нурок Г.Н., Луговинов А.Г., Шерстюков А.Д. Гидроотвалы на карьерах. - М.: Недра, 1977. – 311 с.

4. Патент РФ № 2569146. Способ механогидравлической рекультивации земель. МПК E21C 41/32 (2006.01) Патентообл. ФГБОУ ВПО «КемГУ» В.В. Авторы Сенкус В.В., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. и др. Заявл. 06.08.2014. Оpubл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

5. Патент РФ № 2569145. Комплекс механогидравлической рекультивации нарушенных земель. МПК E21C 41/32 (2006.01) Патентообл. ФГБОУ ВПО «КемГУ» В.В. Авторы: Сенкус В.В., Сенкус Вал. В., Сенкус Вас. В. и др. Заявл. 06.08.2014. Оpubл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

УДК 622.765

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ
УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО
ЗОЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ**

**Семеновых М.А., Шеховцов В.В., Гафаров Р.Е., Волокитин О.Г.
Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Скрипникова Н.К.**

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, e-mail: nks2003@mail.ru*

В работе описан опыт использования золошлаковой смеси в качестве сырья при флотационном извлечении концентрата углерода в среде дистиллированной воды и керосина. Исследовано влияние среды разделения на количество выхода конечного продукта. Установлена зависимость влияния гранулометрического состава на выход конечного продукта в интервале фракции $<0,125 \div 1,25$.

Ключевые слова: флотация, утилизация, техногенный отход, концентрат углерода.

Образование отходов металлургических комбинатов – неизбежное явление в современном мире. Объемы накопленных техногенных отходов растут параллельно с объемами производства металлургической промышленности. Эти отходы являются активным источником загрязнения окружающей среды. [1-6] В связи с неблагоприятным влиянием техногенных остатков производства на биосферу, необходимо принимать меры по решению этой проблемы. Актуальность данной проблемы не вызывает сомнений, поэтому необходимо искать пути утилизации техногенных отходов в различных сферах производства.

Одним из таких решений может стать использование техногенных отходов с относительно высокими концентрациями различных химических элементов в составе для извлечения полезных и пригодных к дальнейшему использованию концентратов [7-13].

Целью данной работы является установление возможности извлечения углеродного концентрата из отходов металлургического производства.

В качестве исследуемого сырья используется золошлаковая смесь Западносибирской ТЭЦ, Химический состав смеси в ее исходном состоянии представлен следующими элементами: С – 11%, SiO₂ – 12%, Al₂O₃ – 5%, FeO 3%, CaO – 3%, H₂O – 34%.

Извлечение углеродсодержащего компонента предполагается производить методом флотационного разделения. Флотация - это процесс отделения и концентрирования частиц одного типа от другого путем их селективного прикрепления к границам раздела. Пенная флотация и пленочная флотация являются лучшими примерами, имеющей место на границе раздела газ-жидкость [14-15]. При пенной флотации гидрофобные частицы отделяются путем присоединения к поднимающимся пузырькам воздуха, чтобы образовать богатую частицами пену на поверхности суспензии.

Мелкие пузырьки, используемые при пенной флотации, дают очень высокую (удельную) площадь (на единицу объема жидкости) границы раздела газ-жидкость, доступную для прикрепления частиц, и являются наиболее эффективными для разделения. В связи с этим из известных методов флотации пенная флотация является единственной техникой, которая имеет значительные промышленные применения, она и будет использоваться в представленной работе.

Отобранные пробы золошлаковой смеси подвергались первостепенной обработке: помол в шаровой мельнице до величины частиц 0,125 – 1,25 мм. С целью установления оптимального гранулометрического состава сырья сортировалось по величине фракций 1) $\leq 0,125$; 2) $0,125 \div 0,315$; 3) $0,315 \div 0,63$ и 4) $0,63 \div 1,25$ мм.

В работе в качестве среды разделения использовалась дистиллированная вода и керосин, в качестве пенообразователя – сосновое масло. Расход масла составлял 0,025 – 0,100 кг/т.

В ходе экспериментальных работ были получены следующие данные, представленные на рисунке 1.

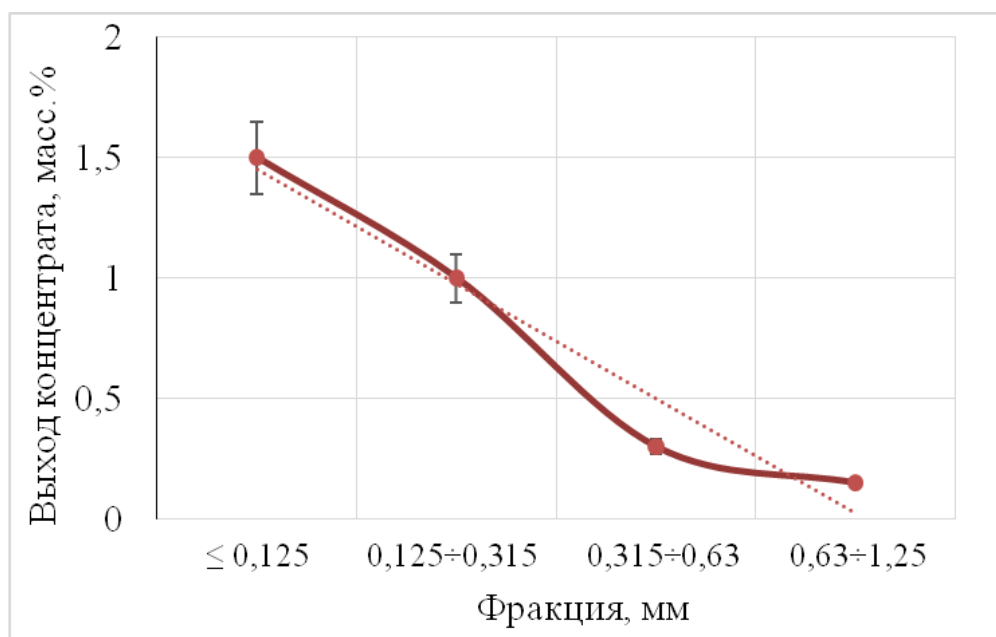


Рисунок 1 - Влияние гранулометрического состава на выход конечного углеродсодержащего продукта (среда разделения - дистиллированная вода)

Как видно из зависимости, представленной на рис. 1, выход углеродсодержащего компонента, в условиях дистиллированной воды не превышает 1 масс. %

При использовании же керосина в качестве среды разделения, получены данные, представленные на рисунке 2.

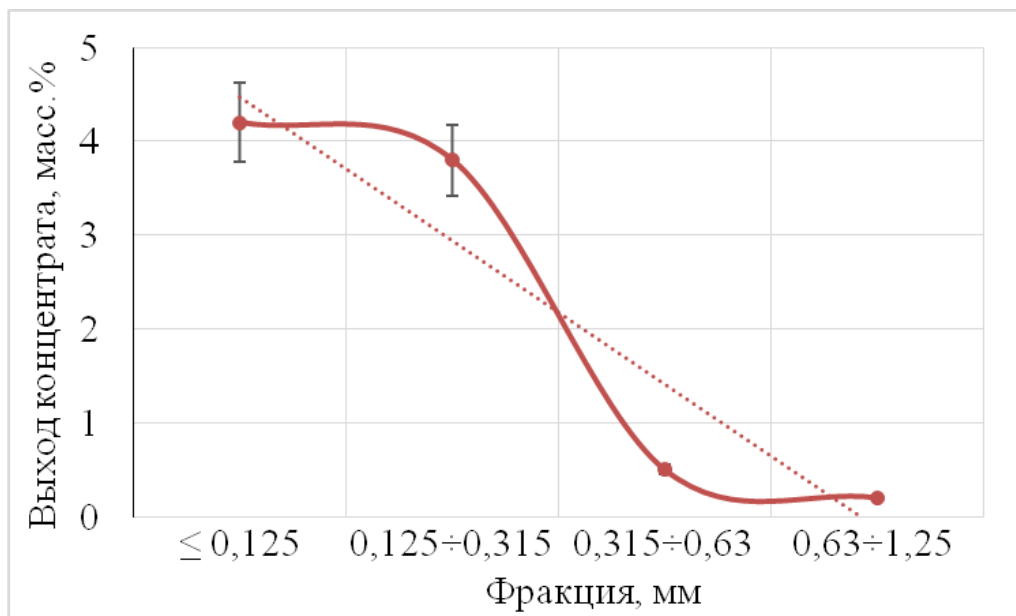


Рисунок 2 - Влияние гранулометрического состава, на выход конечного углеродсодержащего продукта (среда разделения - керосин)

С изменением среды разделения воды на керосин, который относится к катионным собирателям, выход углеродсодержащего концентрата не превышает в среднем 2 масс. %, однако, просматривается зависимость влияния гранулометрического состава, на выход углеродсодержащего компонента. Отсюда можно констатировать, что с уменьшением размера частиц исходного сырья увеличивается выход конечного продукта – углерода.

Подводя итог проделанной работы, можно сказать о возможности извлечения углеродсодержащего компонента из золошлаковой смеси методом флотации.

Библиографический список

1. Загрязнение окружающей среды отходами и опасными веществами: проблемы ответственности Грачев А.А., Гартина Ю.А. // Материалы ежегодной Международной заочной научно-практической конференции. 2015. Т. 3. С. 259-262.

2. Экология и утилизация шламенных техногенных отходов Ковалев В.Д., Оксенюк С.И., Герасимов В.П., Радченко С.Ю. // В сборнике: «Проблемы и тенденции развития информационных и производственных систем». Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 311-316.

3. Природа и техносфера. проблемы экологии Уфимцева А.В., Боровикова А.В. // В сборнике: «Экология и безопасность техносфере: современные проблемы и пути решения». Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Юргинский технологический институт. 2017. С. 151-153.

4. Industrial ecology and the boundaries of the manufacturing firm Magnusson T.; Andersson, H.; Ottosson, M. // Journal of industrial ecology 2019. Vol. 23. No. 5 P. 1211-1225.

5. Sustainable development of ukrainian iron and steel industry enterprises in regards to the bulk manufacturing waste recycling efficiency improvement Filonenko O. // Mining of mineral deposits. 2018. Vol. 12 No. 1. P. 115-122. 6. A methodology for the identification of waste-minimizing scheduling problems Le Hesran Corentin, Ladier Anne-Laure, Botta-Genoulaz Valerie // Journal of cleaner production. 2020. Vol. 246. No. 119023.

7. Flotation separation of smithsonite from calcite using depressant sodium alginate and mixed cationic/anionic collectors Luo Yuanjia, Zhang Guofan, Mai Qiongyin, Liu Hongjiang, Li, Changbin, Feng Haigang // Colloids and surfaces a-physicochemical and engineering aspects. 2020. Vol. 586. No. 124227.

8. Fractal analysis and pore structure of gasification fine slag and its flotation residual carbon Guo Fanhui, Zhao Xu, Guo Yang, Zhang Yixin, Wu Jianjun. // Colloids and surfaces a-physicochemical and engineering aspects. 2020. Vol. 585 No. 124148.

9. Effect of ultrasonic pre-treatment on coal slime flotation Lv Wenbao, Chen Jun, Min Fanfei, Hou Baohong, Liu Chunfu // Physicochemical problems of mineral processing. 2020. Vol. 56. No. 1. P. 173-183.

10. Эффективное преобразование угольной золы каширской грэс в сырье для производства стройматериалов Рябов Ю.В., Делицын Л.М., Ежова Н.Н. // В сборнике: «Экология. Производство. Общество. Человек» Сборник статей XXIX Международной научно-практической конференции. 2017. С. 93-98.

11. Изучение технологических параметров получения углеродсодержащего продукта из техногенного сырья ОАО "Русал Братск" Якушевич П.А., Немчинова Н.В., Гавриленко Л.В. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 8 (115). С. 161-168.

12. Флотационное извлечение углерода из золы угольных тэс с использованием смеси керосина и газойля Рябов Ю.В., Делицын Л.М., Ежова Н.Н. // Обогащение руд. 2016. № 5 (365). С. 48-54.

13. Исследование возможности переработки золошлаковых отходов хабаровской тэц-1 флотационным методом Рассказова А.В., Полтарецкая А.Е. // Проблемы недропользования. 2018. № 2 (17). С. 140-145.

14. Use of bubble load to interpret particle transport across the pulp-froth interface in a flotation cell Bhondayi Clayton // Physicochemical problems of mineral processing. 2020. Vol. 56. No. 1. P.54-64.

15. Study on bubble characteristics of flotation column in hematite reverse

cationic flotation process Wang Weizhi, Han Jikang. // Physicochemical problems of mineral processing. 2020. Vol. 56. No. 1. P. 64-75.

УДК 669.071

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ВЫСОКОАМПЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА (500 – 600 кА)

Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Рассмотрены технические и конструктивные особенности и преимущества современного высокоамперного электролизера (500 – 600 кА) по сравнению с электролизерами предыдущего поколения. Сформировано представление о конструкции электролизера такого уровня мощности. Выбраны соответствующие ей технологические индикаторы. Выполнено прогнозирование технологических и экологических показателей работы электролизера. При обосновании технических решений использован передовой опыт компаний – лидеров в производстве алюминия: «Pecheney», «SAMI», «Chalco», «ALCOA», «ALCAN», «ALBA», «ОК РУСАЛ».

Ключевые слова: алюминий, электролиз, высокоамперный электролизер, конструкция, технологические индикаторы.

Целью настоящей работы является разработка и обоснование технических решений для проектирования современного высокоамперного электролизера (500 – 600 кА) на основе анализа и обобщения передового опыта компаний – лидеров в производстве алюминия: «Pecheney», «SAMI», «Chalco», «ALCOA», «ALCAN», «ALBA», «ОК РУСАЛ» и др.

В течение последних 10 лет Инженерно-технологическим центром ОК РУСАЛ выполнен проект электролизера такого уровня мощности, соответствующего серийному образцу РА-550. На основе проектных решений разработаны и изготовлены катодные и анодные устройства и ошиновка. Это позволило на опытном участке электролизного производства Саяногорского алюминиевого завода смонтировать и пустить в эксплуатацию 8 электролизеров. Однако представленная в открытом опубликовании техническая информация об этом проекте и результатах его конструкторской и технологической реализации носит декларативный характер, весьма ограничена и не формирует четкого представления о конструктивном дизайне электролизера, соответствии его мировым трендам и конкурентоспособности с зарубежными аналогами уровня мощности 500 – 600 кА, в также о технологических и

экологических показателей его работы. Поэтому ниже представлены авторское видение конструкции электролизера на силу тока 500 – 600 кА и результаты прогнозирования технологических показателей его работы.

Внешний вид электролизера РА – 550 представлен, по данным, на рисунке 1. В таблице 1 приведены основные технические особенности и преимущества высокоамперного электролизера по сравнению с электролизерами предыдущих поколений.



Рисунок 1 – Внешний вид электролизера на силу тока 550кА

Таблица 1 – Основные технические особенности и преимущества электролизера на силу тока 500 – 600 кА

Элементы конструкции и технологии	Конструктивные и технологические преимущества	Технологические индикаторы
<p>Катодное устройство: - кожух усиленный шпангоутного типа с дополнительными ребрами охлаждения; - рельефная с защитным смачиваемым алюминием покрытием подина из высокографитированных катодных блоков замкового типа - бортовая карбидокремниевая футеровка с искусственными профильными настелями.</p>	<p>Повышение жесткости конструкции, единичной мощности, МГД-, МПР- и тепловой стабильности, срока службы подины, бортовой футеровки и электролизера в целом, защита подины от окисления при обжиге и пуске электролизера, улучшение энергетических показателей.</p>	<p>Сжатие МПР - до 3,0 см, среднее напряжение на электролизере – до 3,7 В, катодный выход алюминия по току 0,94 – 0,95, удельный расход электроэнергии <12500 кВт·ч/т, срок службы электролизера – до 100 месяцев, снижение скорости движения алюминия в электролизной ванне с 18-20 до 6-8 см/с.</p>

Продолжение таблицы 1

Элементы конструкции и технологии	Конструктивные и технологические преимущества	Технологические индикаторы
Анодное устройство: Обожженные аноды с газоотводными каналами и защитным покрытием	Повышение анодной плотности тока, единичной мощности, катодного выхода алюминия по току, сортности алюминия. Снижение падения напряжения на аноде, удельного расхода электроэнергии, массы угольной пены, объема отходящих газов. Подавление выбросов смолистых веществ.	Анодная плотность тока до 0,90 – 0,95 А/см ² , снижение падения напряжения на 200 – 300 мВ, массы угольной пены – до 7 – 15 кг/т Al, расхода ОА – до 420 кг/т Al
Ошиновка: - анодная: анодные шины, гибкие пакеты, анодные блоки; - катодная: катодные стержни подины, гибкие пакеты, сборные катодные шины, катодные шины	МГД-стабильность, снижение металлоемкости ошиновки на 4-5 т за счет рационального распределения тока по 5 анодным стоякам: 30 – 35 % тока входной стороны и 100 % выходной стороны электролизера подается к сборному шинопроводу, 65 – 70 % тока входной стороны подается к крайним стоякам	Сжатие МПР – до 3,0 см, снижение скорости движения расплава алюминия в электролизной ванне, с 18 – 20 до 6 – 8 см/с, обеспечение срока службы ошиновки – до 50 лет.
Система автоматизированной подачи глинозема и фторсолей в электролит САПГиФС	Снижение вредных выбросов в атмосферу за счет ликвидации поточной обработки ванн и герметизации укрытий. Стабилизация температуры за счет снижения частоты обработок и уменьшения разовой дозы подачи глинозема.	Встраивание САПГиФС в единую АСУ ТП. Рабочая концентрация Al ₂ O ₃ в электролите 3 – 4 %. Применение глинозема всех типов. Разовая доза глинозема на 1 точку питания мучнистого 0,6 – 0,8, песчаного 1 – 2,2 кг. 1

Продолжение таблицы 1

Элементы конструкции и технологии	Конструктивные и технологические преимущества	Технологические индикаторы
	<p>Возможность работы на более низком КО за счет снижения разовой дозы глинозема.</p> <p>Снижение частоты анодных эффектов, удельной массы электролита, повышение</p>	<p>точка питания на 30 – 50 кА для мучнистого, на 50 – 80 кА для песчаного глинозема.</p> <p>Частота анодных эффектов не более 0,05 в сутки.</p>
	<p>качества регулирования МПР и катодного выхода алюминия по току за счет стабилизации концентрации Al_2O_3 в электролите.</p> <p>Снижение удельного расхода электроэнергии за счет снижения температуры расплава и уменьшения массы осадков глинозема.</p>	<p>Удельная масса электролита не более 25 – 28 кг / кА.</p> <p>Удельный расход электроэнергии < 12500 кВт·ч/т Al.</p>
<p>Сухая газоочистка с адсорбцией фтористого водорода первичным глиноземом</p>	<p>Устранение необходимости перекачивания больших объемов растворов, трудностей в обслуживании трубопроводов в зимних условиях (замерзание, течи и др.), коррозии оборудования.</p> <p>Снижение энергопотребления системы газоочистки за счет оптимизации конструкций воздуховодов, уменьшение турбулентности потоков газов и гидравлического сопротивления всей системы.</p>	<p>Степень очистки от фтороводорода не ниже 98,5 %.</p> <p>Выбросы фтора и пыли из трубы $\leq 1 \text{ мг/Нм}^3$, $\leq 5 \text{ мг/Нм}^3$.</p> <p>Срок службы рукавного фильтра ≥ 3 года.</p> <p>Потребление электроэнергии $\leq 200 \text{ кВт·ч/т Al}$.</p> <p>Необходима установка мокрого скруббера для очистки газов от диоксида серы.</p> <p>Стоимость установки сухой газоочистки не должна превышать 30</p>

Окончание таблицы 1

Элементы конструкции и технологии	Конструктивные и технологические преимущества	Технологические индикаторы
		% от капвложений в электролизный цех.
Технология электролиза: - электролиты кислые с $KO = 2,2 - 2,4$ и содержанием Al_2O_3 3 – 4 %; - первичный глинозем металлургических высших марок; - вторичный	Обеспечение получения первичного алюминия требуемой сортности при высоком катодном выходе алюминия по току	Избыток AlF_3 в электролите 8 – 12 %. Первичный глинозем марки не ниже Г-00 с содержанием $Na_2O \leq 0,3$ %. Определение оптимального соотношения первичный / вторичный глинозем
фторированный глинозем, рафинированный от примесей оксидов		в технологически необходимом количестве глинозема или рафинирование вторичного глинозема от примесей оксидов. Катодный выход алюминия по току не ниже 0,94 – 0,95.

УДК 669.071

ОЦЕНКА МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ

Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Проведен анализ соотношения мирового производства и потребления алюминия. Отмечается, что за последние 10 лет мировой рынок алюминия вырос на 30 %. В 2020 г. прогнозируется производство 70 млн. т алюминия. Среднедушевое потребление алюминия за этот период возросло с 5,5 до 8,8 кг, в странах – лидерах – до 16 – 26 кг. Крупнейший производитель и потре-

битель алюминия – Китай, в течение последних 20 лет нарастивший мощности по производству и переработке в 22 раза.

Ключевые слова: алюминий, производство, потребление, среднечеловеческое потребление, отраслевая структура потребления, цена.

Целью настоящей работы является оценка мирового производства и потребления алюминия, прогнозирование тенденций на среднесрочную перспективу, констатация сложившейся отраслевой структуры мирового потребления алюминия, формирование представления о факторах, влияющих на глобальный рынок алюминия.

Производство алюминия в мире из года в год увеличивается вслед за непрерывно растущим спросом. Так, в период с 2009 по 2016 год мировой рынок алюминия вырос на 30 %.

Несмотря на колебания мировой экономики, 2017 год оказал положительное влияние на алюминиевую отрасль. Мировой спрос на алюминий по итогам 2017 года вырос на 6 % по сравнению с предыдущим годом благодаря экономическому росту в крупнейших регионах мира, включая Китай, Европу и Северную Америку. В результате уверенного роста спроса дефицит на мировом рынке алюминия составил 0,6 млн. тонн в 2017 году и, по оценкам, увеличился до 1,7 млн. тонн в 2018 году. Мировой рост потребления на алюминий поддержан, прежде всего, быстрым экономическим развитием и урбанизацией Китая, доля которого в общем объеме мирового потребления составляет более 50 %. На рисунке 1 представлен мировой баланс производства и потребления алюминия до 2020 г.

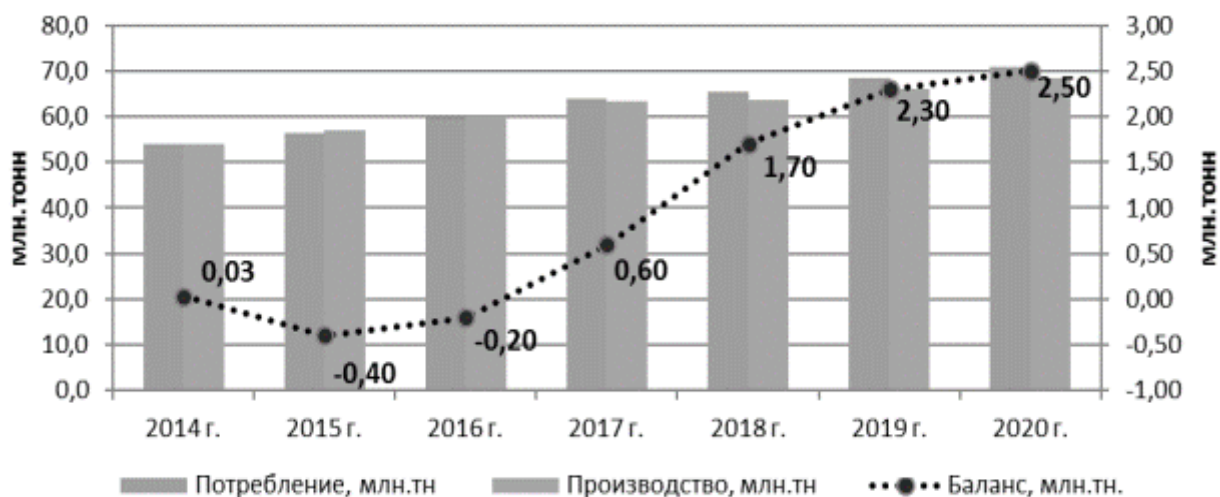


Рисунок 1 – Мировой баланс производства и потребления алюминия

Мировое производство алюминия в 2018 г. составило 64,341 млн тонн, что на 1,5 % больше показателя за 2017 г. (63,404 млн тонн), что подтверждается материалами международной организации International Aluminium Institute (IAI), членами которой являются крупные компании-производители

алюминия. В частности, предприятия Северной Америки за отчетный период выпустили 3,774 млн тонн алюминия (сокращение производства на 4,5%), Южной Америки - 1,164 млн тонн (сокращение на 15,5%). Страны Западной Европы за прошлый год произвели 3,732 млн тонн алюминия (снижение на 1,2%), Центральной и Восточной Европы - 4,049 млн тонн (больше почти на 1,3%). Китай в отчетном периоде произвел 36,488 млн тонн металла (больше уровня 2017 г. примерно на 1,6%), остальные страны Азии - 4,415 млн тонн (рост на 11,7%), Океании - 1,917 млн тонн (рост на 5,5%), Персидского залива - 5,334 млн тонн (рост на 3,6%). Страны Африки сократили выпуск алюминия почти на 0,7% относительно уровня предыдущего года до 1,668 млн тонн.

Производство алюминия в мире за 9 месяцев 2019 г. составило 47,549 млн тонн, что примерно на 1% ниже уровня аналогичного периода 2018 г., когда производство составило 48,023 млн тонн. В частности, предприятия Северной Америки выпустили 2,858 млн тонн алюминия (рост производства на 1,9%), Южной Америки - 787 тыс. тонн (снижение на 11,6%).

Страны Западной Европы за первые девять месяцев года произвели 2,587 млн тонн алюминия (снижение на 7,4%), Центральной и Восточной Европы - 3,099 млн (больше почти на 2,3% в годовом выражении).

Китай произвел около 26,788 млн тонн металла (спад на 1,4%), остальные страны Азии - 3,302 млн (рост на 0,2%), страны Океании - 1,436 млн тонн, что почти на 0,3% выше показателя аналогичного периода прошлого года, Персидского залива - 4,109 млн (рост на 2,7%). В Африке выпуск алюминия достиг 1,233 млн тонн, сократившись в годовом выражении на 1,1%.

Мировое производство алюминия за 2019 г. составило 67,690 млн т, что на 1% ниже показателя 2018 г [5]. (64,336 млн т), что подтверждается IAI, объединяющей крупные компании-производители алюминия.

В частности, предприятия Северной Америки выпустили 3,809 млн т алюминия (рост производства на 0,9%), Южной Америки — 1,079 млн т (снижение на 7,3%).

Страны Западной Европы в январе-декабре произвели 3,449 млн т алюминия (меньше на 7,6%), Центральной и Восточной Европы – 4,157 млн т (больше почти на 2,7%).

Китай за прошлый год выпустил около 35,797 млн т (спад на 1,9%), а остальные страны Азии – 4,395 млн т (меньше почти на 0,5%). Страны Океании произвели 1,917 млн т, что соответствует уровню годом ранее, государства Персидского залива – 5,644 млн т (плюс 5,9%). В Африке выпуск алюминия достиг 1,643 млн т, сократившись на 1,5%.

Мировое потребление алюминия ежегодно растет на 5-6%. В развитых странах оно увеличивается за счет роста автопрома, в развивающихся — за счет роста строительной и электротехнической отраслей. По итогам 2019 г. сложилась следующая отраслевая структура мирового потребления алюминия: транспорт – 26,5 %; строительство – 25,2 %; электротехника и электро-

ника – 14,2 %; машиностроение – 9 %; фольга – 8 %; упаковка – 7,7 %; потребительские товары – 4,5 %; остальное – 4,9 %.

Среднедушевое потребление алюминия в мире по итогам с 2015 года оценивается в 7,7 кг. Ожидается, что в 2020 году этот показатель вырастет почти до 9 кг (рисунок 2).

Наиболее высокий уровень потребления алюминия отмечается в настоящее время в странах с высокоразвитым автомобилестроением, таких как, например, Германия или Южная Корея, уровень среднедушевого потребления превышает 26 кг в год, в США, Швеции, Японии, ОАЭ, Китае – 15-16 кг в год.

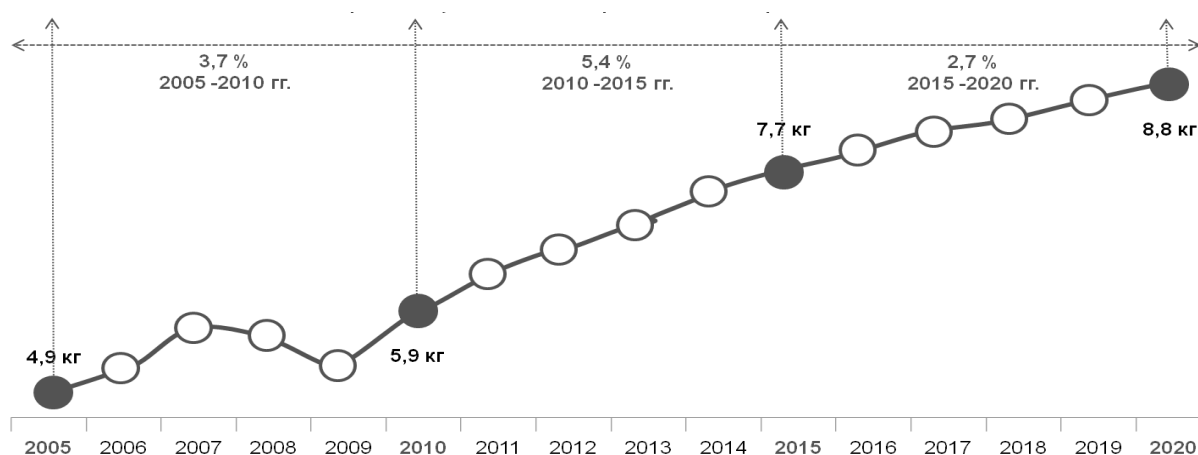


Рисунок 2 – Динамика среднедушевого потребления первичного алюминия

На роли Китая на мировом алюминиевом рынке стоит остановиться особо. За последние десятилетия Китай продемонстрировал феноменальные темпы экономического роста, и в том числе стал крупнейшим в мире производителем и потребителем алюминия. За последние чуть более 20 лет объем производства первичного алюминия в Китае – что главное: и его потребления перерабатывающими предприятиями – вырос в 22 раза.

На КНР сегодня приходится более половины всего мирового объема производства и потребления алюминия, ни одна другая страна не может приблизиться к Китаю по этому показателю. При этом все свои потребности в первичном металле Китай закрывает исключительно собственным же производством, поэтому чаще всего он рассматривается отдельно от мирового. В то же время Китай активно наращивает экспорт алюминиевых полуфабрикатов, конкурируя на глобальном рынке с западными компаниями.

На втором и третьем местах по объемам потребления алюминия – рынки Европы и США, где спрос исторически очень велик по причине высокого уровня промышленного развития экономик этих стран. При этом несмотря уже достигнутый очень высокий уровень потребления алюминия в США этот рынок продолжает показывать одни из самых высоких темпов ежегодного роста за счет высоких темпов развития транспортостроения,

расширения использования алюминия в строительстве и электротехнике.

Еще один крупный рынок – Япония, не только страна с развитой экономикой, но и родина огромного количества технических новинок в сфере электроники и приборостроения. При этом Страна восходящего солнца импортирует весь необходимый ей первичный металл, а также огромный объем алюминиевого лома и вторичных алюминиевых сплавов, совершенно не имея собственного алюминиевого производства. Причина – в отсутствии на ее территории мощных и дешевых источников электроэнергии.

Также постоянный прирост потребления показывают активно развивающиеся страны Азии, в значительной степени за счет бурного развития автомобилестроения в странах Юго-Восточной Азии. Однако самые высокие темпы прироста в Азии показывают Индия и страны Ближнего Востока. Активное развитие алюминиевых производств делает страны Персидского залива одним из наиболее влиятельных игроков мирового алюминиевого рынка.

В целом в мире в настоящее время наибольший объем потребления приходится на транспортостроение – более 26 % всего мирового использования этого металла. При этом более высокий уровень потребления характерен для наиболее развитых мировых экономик. Например, в Южной Корее на транспорт приходится более 33 % потребления алюминия, в странах Западной Европы – более 38 %, в США – более 40 %, в Японии – более 45 %.

Второе по значимости место занимает строительство, третье – электротехника. На сегодняшний момент эти отрасли как потребители алюминия важны для развивающихся стран. Так, в Китае более 1/3 всего алюминия потребляется в строительной отрасли, в бурно наращивающей потребление этого металла Африке доля алюминия, используемого для изготовления строительных материалов, и вовсе превышает 40 %. Для Индии характерен самый высокий вес использования алюминия в энергетике и электротехнике: более 36 % всего используемого алюминия направляется в эти отрасли.

УДК 669.071

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Выполнен анализ современного состояния производства первичного алюминия электролизом криолито-глиноземного расплава. Показано, что технологическая стратегия ведущих алюминийпроизводящих компаний ос-

нована на развитии электролизного производства с использованием обожженного анода и электролизеров высокой единичной мощности, составляющей 300 – 600 кА. Достигнутые на передовых алюминиевых предприятиях показатели подтверждают эффективность выбранного направления, возможность повышения экологической безопасности производства и улучшения санитарно-гигиенических условий труда технологического персонала. Отмечается реализация рядом компаний – лидеров технологии «Завод – автомат» с использованием для обслуживания электролизеров при постоянном сканирующем мониторинге их технического состояния многофункциональных кранов, механизмов и робототехники.

Ключевые слова: алюминий, электролиз, криолито-глиноземный расплав, электролизер, серия электролиза, выход по току, производительность.

Целью настоящей работы является анализ современного состояния технологии производства первичного алюминия электролизом криолито-глиноземного расплава: выявление основных направлений ее развития и совершенствования основных агрегатов – электролизеров, определения доминирующих тенденций в проектировании и строительстве электролизных заводов.

Промышленное производство первичного алюминия осуществляется электролизом металлургического глинозема (оксида алюминия Al_2O_3) в расплаве криолита ($3NaF \cdot AlF_3$) при температуре приблизительно 950-970 °С. Блок-схема производства первичного алюминия в электролизерах с ОА приведена на рисунке 1.

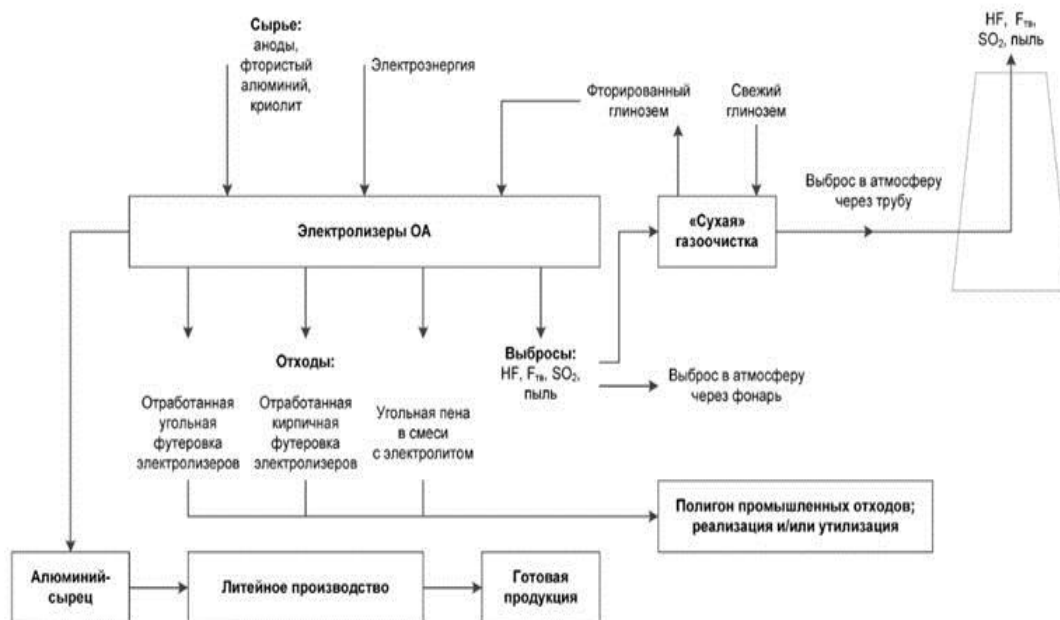


Рисунок 1- Блок-схема производства первичного алюминия в электролизерах с ОА

В состав электролизера входит углеродсодержащий катод, изолированный огнеупорными кирпичами по внутренней поверхности прямоугольного стального кожуха, и углеродсодержащие аноды, прикрепленные к электропроводящей анодной балке и погружаемые в расплав. Электролизеры соединены последовательно и образуют серию электролизеров. Постоянный ток подается с анодов через электролит и слой металла на катод, а затем — по комплексу проводников, так называемой «ошиновки», на следующий электролизер. Жидкий алюминий оседает на катоде электролизера. Расплавленный металл периодически удаляется из электролизеров спец-ковшами и передается в литейное отделение для получения товарной продукции. В процессе электролиза кислород из глинозема реагирует с углеродсодержащим анодом и образует диоксид и монооксид углерода. Таким образом, в ходе этого процесса происходит непрерывный расход анодов. Основным сырьем для получения алюминия служат: глинозем, фтористые соли (криолит, фтористый алюминий) и обожженные аноды.

Уже длительное время технологическая стратегия ведущих алюминиевых производящих компаний основана на развитии электролизного производства с использованием обожженных анодов. Это обеспечивает разработку и последующую эксплуатацию высокоамперных электролизеров, работающих с высокими технико-экономическими показателями, улучшение санитарно-гигиенических условий труда персонала в корпусах электролиза, в целом повышение экологической безопасности алюминиевых заводов. В настоящее время по этой технологии производится более 80 % выпускаемого в мире первичного алюминия. Реализуемые технологии высокоамперного электролизера на электролизерах с обожженными анодами мощностью 300-600 кА доказали, что возможно дальнейшее повышение эффективности процесса за счет усовершенствования конструкции и прогрессивных технических решений при использовании новых материалов и высококачественного сырья.

Достигнутые на передовых алюминиевых предприятиях показатели подтверждают эффективность выбранного направления: выход по току достигает 94 %, расход технологической энергии составляет 12500-13000 кВт*ч/т Al, расход анодов 500-510 кг/т Al, фторида алюминия 15-17 кг/т Al. Применение обожженных анодов значительно снижает выбросы смолистых веществ, в том числе бензпирена, и других вредных компонентов от электролизёра. Снижению выбросов вредных веществ на высокоамперных электролизерах способствует возможность применения более герметичных укрытий с высоким КПД, систем автоматизированного питания глиноземом, уменьшающих время работы электролизеров с открытыми укрытиями. Основными отличительными особенностями высокоамперных технологий по сравнению с электролизерами малой мощности являются: использование для питания электролизера через системы АПГ глинозема песочного типа, фтор-солей, фторированного глинозема и оборотного криолита; работа в заданном интервале низких концентраций глинозема 2-5% по технологии без анодных

эффектов (0,05 шт/сут); низкий уровень металла (18-20 см); высокий уровень электролита (20-22см); использование в процессе только кислых электролитов с заданным интервалом КО 2,2-2,4; корректировки КО по заданным алгоритмам; возможность работы на плотностях тока, близких к критическим значениям 0,9-0,95 А/см²; большие скорости (до 18-20 см/с) движения расплава в электролизной ванне; новый состав укрывных материалов, обеспечивающий стабилизацию теплового и материального баланса; технология «завод-автомат» с использованием при обслуживании многофункциональных кранов, механизмов и робототехники при постоянном сканирующем мониторинге технологического состояния электролизера; катодное устройство шпангоутного типа с дополнительными ребрами охлаждения с использование высокографитированных катодных блоков замкового типа и боковой карбидокремниевой футеровки с искусственными профильными настылями.

Положительный опыт проектирования, создания и производственной эксплуатации высокоамперных электролизеров с обожженными анодами накоплен как в России, так и за рубежом и обобщен в таблицах 1 и 2.

Высокоамперные электролизеры с предварительно обожженными анодами, такие как на АО «РУСАЛ Новокузнецк», РА-300, РА-400 и РА-550, на сегодняшний день введены в работу и в России, и за рубежом (таблица 1).

Сравнительные технологические параметры и показатели электролизеров с предварительно обожженными анодами представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Перечень заводов, использующих высокоамперные электролизеры

Предприятие	Сила тока, кА	Количество ванн	Производительность электролизера, кг/сут
Богучанский алюминиевый завод (БАЗ), ОК РУСАЛ, Россия	300	672	2442
Хакасский алюминиевый завод (ХАЗ), ОК РУСАЛ, Россия	300	336	2496
Саяногорский алюминиевый завод (САЗ), ОК РУСАЛ, Россия	400	26	3322
	550	8	4077
Qinghai Huanghe Xinye Smelter, Китай	300	283	2499
	400	276	3263
Nongliushi Smelter Xinjiang, Китай	400	336	3294
Henan Wanji Smelter, Китай	400	198	3244
Chalco Gansu Liancheng Smelter, Китай	500	288	4037
Shanxi Yulin Smelter, Китай	400	2x288	3264
Chalco Baotou Smelter, Китай	400	296	3286

Таблица 2 – Технологические показатели высокоамперных электролизеров ОК РУСАЛ

Параметры	РА-300	РА-400	РА-550
Сила тока, кА	300	400	550
Выход по току, %	95.2	95.5	95.5
Производство Al, кг Al/сутки	2324	3033	4000
Среднее напряжение на электролизере, В	4.34	4.19	<3.94
Коэффициент анодных эффектов	0.1	0.08	0.05
Энергопотребление, пост.ток кВт*ч/т Al	14026	13263	<12500
Плотность тока на аноде, А/см ²	0.85	0.815	0.89
Криолитовое отношение	2.35	2,29	2,24
Температура криолита, °С	956	959	963
Межполюсное расстояние, см	6.5	6.3	4.5

УДК 662.741.34

КОКСОВАНИЕ В БОЛЬШЕГРУЗНОЙ КОКСОВОЙ БАТАРЕЕ: ПРЕИМУЩЕСТВА УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМА КАМЕРЫ

Филенкова Т.А., Новиков М.В., Литвинов А.П.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Полях О.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

На основе литературных данных рассмотрены процессы коксования в коксовой печи, конструкция коксовой печи и коксовой батареи. Очевидно, что производительность коксовой батареи прямо зависит от объема печной камеры, периода коксования и числа печей в батарее. Основным направлением развития конструкции коксовых печей является сооружение коксовых батарей большой мощности с печами повышенной емкости. Увеличение полезного объема камеры достигается за счет увеличения ширины и высоты камеры. В данной работе рассмотрены преимущества большегрузных коксовых батарей.

Ключевые слова: коксование, коксовая батарея, коксовая печь, камера коксования, коксовый пирог, кокс, полукокс, шихта.

Наибольшее значение для российской промышленности по своим масштабам, разнообразию и ценности получаемых продуктов имеет коксование, являющееся основным процессом химической переработки твердого топлива. В России коксованием перерабатывается до 60 млн. т. углей [1]. Высокотемпературное коксование или просто коксование – процесс термической переработки твердого топлива без доступа воздуха при температуре 1000-1100 °С. При коксовании углей получается твердый остаток – кокс. Од-

современно с коксом образуется парогазовая смесь, из которой выделяют ценные химические продукты – смолы, коксовый газ, бензолные углеводороды, пиридиновые основания и др. [2].

Коксование шихты осуществляют в коксовых печах. Группа коксовых печей, работающих в едином технологическом режиме, с общим фундаментом, устройствами для подвода отопительного газа и воздуха, отвода продуктов горения и коксования называется коксовой батареей. Современные коксовые печи объединяют в батареи по 50 - 60 камер. Две-три батареи образуют блок коксовых печей. Коксовая батарея сооружается на железобетонном основании – фундаментной плите, на которой расположены борозы для отвода продуктов горения в дымовую трубу. По длине коксовая батарея ограничена подпорными стенами - контрфорсами. Контрфорсы предохраняют от разрушения крайние печи за счет давления распирания угольной загрузки, перепада температур в момент загрузки, выгрузки шихты и кокса. Кроме этого, контрфорсы выполняют роль теплоизоляции для крайних печей и обогревательных простенков.

Коксовая печь состоит из камеры коксования и отопительной системы. Назначение камеры – коксование угольной загрузки. В конструкции камеры различают под – основание камеры и свод, который является частью перекрытия печей. В перекрытии печей расположены люки для загрузки шихты и отвода летучих продуктов коксования. В современных коксовых печах имеется по три загрузочных и по два газоотводящих люка. Камера коксования с торцов закрывается дверями. Камера коксования характеризуется средней шириной, высотой, длиной и полезным объемом. Ширина камеры коксования неодинакова. Она увеличивается в направлении выдачи кокса – коксового «пирога». Разница в ширине камеры с торцов (конусность) составляет 40-50 мм для отечественных печей. Полезный объем камеры меньше полного объема, так как шихта загружается не на всю высоту с тем, чтобы оставался свободный проход (около 300 мм) для парогазовых продуктов. Полезная длина камеры коксования меньше полной длины на величину захода футеровки дверей в камеру.

Камеры коксования современных коксовых печей имеют следующие размеры: ширина 350-560 мм, полная длина 11-17 м, полная высота 3,0-7,5 м, полезный объем 14-52 м³ [3].

Процесс коксования угля предусматривает целый комплекс различных стадий, к которым относятся: подготовка сырья, непосредственно само коксование, выгрузка и охлаждение кокса, а также переработка летучих веществ. Для коксования отбирают каменный уголь следующих марок: газовые, жирные, отощенно-спекающиеся, коксовые. После этапа подготовки сырья происходит отбор угольной шихты, которая должна быть максимально однородной. Этот процесс важен, поскольку именно от него будет зависеть качество кокса. После того как шихту хорошо измельчили и смешали, ее направляют в башню, из которой ее дальше подают в коксовые печи. За-

тем шихту утрамбовывают, а саму печь начинают постепенно нагревать. Время, которое нужно потратить на нагрев печи, зависит от нескольких факторов: ее ширины, влажности сырья и других. В среднем оно составляет от 14 до 18 часов.

Следует отметить, что особое значение при этом имеет температура, которая разнится в зависимости от стадии коксования. А именно, на этапе сушки температура достигает 100-120 °С, нагрева – 120-350 °С, размягчения – 350-500 °С, полукоксования – 500-600 °С, прокаливания и затвердения сырья – 600-1100 °С. Поскольку в разных слоях шихты, которая находится в печах, одновременно происходят различные процессы, коксование является слоевым, так как в одной печи находятся в одно и то же время слои влажного и сухого угля, а также кокса и полукокса. После окончания процесса коксования полученный продукт охлаждают и разделяют его на несколько классов в зависимости от размера кусков [4].

Для увеличения производительности и качества кокса необходимы большегрузные коксовые батареи. На рисунке представлены страны, использующие большегрузные коксовые батареи. Увеличение мощности достигается за счет увеличения полезного объема камер коксования (41,3-61,4 м³), в частности увеличением ширины камеры, а также уменьшения толщины стенки камеры коксования до 90-100 мм. Увеличение габаритов обеспечивает большую производительность (900-1250 тыс. т/год кокса 6 % влажности), а уменьшение толщины стен камер коксования позволяет повысить скорость коксования (при этом период коксования изменяется на 5,4-6,5 минуты на каждый миллиметр изменения толщины стенки при постоянной температуре в обогревательных каналах). Так, например, коксовые батареи в Италии имеют толщину стенки 100 мм, коксовая батарея на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» – 90 мм, в Польше – 100 мм. За счет этого при сохранении периода коксования обеспечивается снижение температур в обогревательных простенках, а, следовательно, и уменьшение расхода тепла на коксование. Также снижается количество вредных выбросов в атмосферу.

В 2006 году введены в эксплуатацию коксовая батарея №4 «Харьковский коксовый завод» с печами шириной 500 мм и коксовая батарея №5 ОАО «Алтайкокс» с печами шириной 480 мм. На коксовых батареях №1 и №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» после реконструкции ширина камер увеличена до 480 мм. При реконструкции батарей с объемом камер 41,6 м³ применяется как сохранение основных габаритных размеров, так и изменение размеров камеры коксования с увеличением ее ширины до 450 мм и уменьшением ее высоты до 6650 мм.

Одним из важнейших преимуществ увеличения ширины камер коксования является возможность снижения выбросов газов и пыли при загрузке шихты и выдаче кокса из печей за счет уменьшения количества выданных печей при той же производительности. Ширина камер 450 мм является более предпочтительной, чем 410 мм [5].

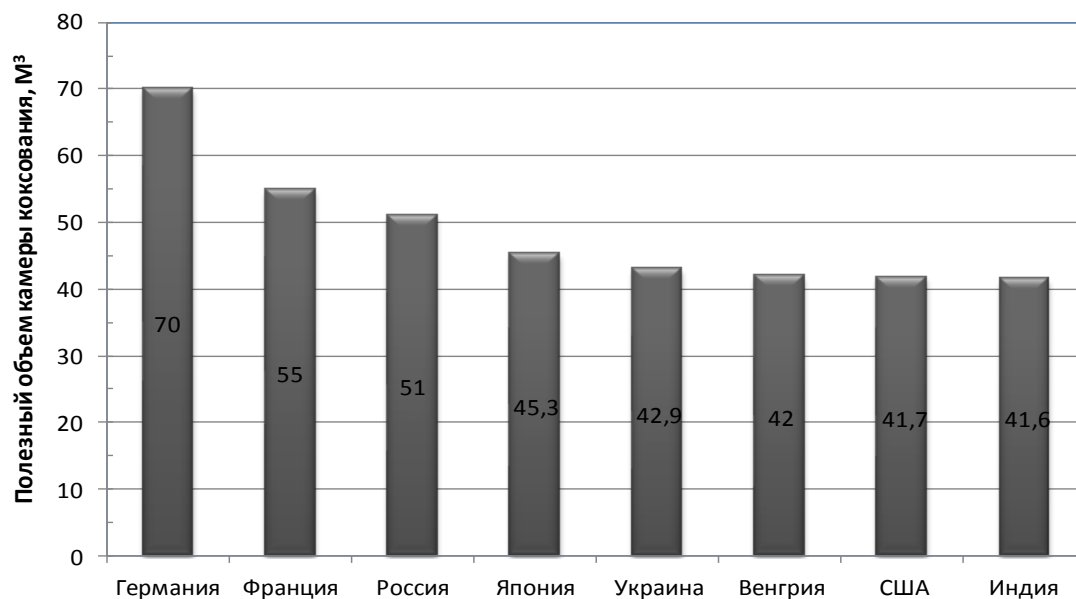


Рисунок 1 – Страны, использующие большегрузные коксовые батареи

Увеличение ширины камеры коксования имеет следующие преимущества:

- при одинаковых условиях коксования температура в загрузке поднимается медленнее, т.е. скорость коксования становится меньше, что положительно сказывается на качестве кокса;

- величина внутреннего давления повышается пропорционально квадрату скорости коксования, т.е. с увеличением ширины камеры внутреннее давление снижается;

- усадка коксового пирога пропорциональна ширине и, следовательно, с увеличением ширины отход боковой поверхности пирога от стен камеры увеличивается, что способствует снижению усилий при выдаче кокса, а это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на срок службы батареи;

- содержание NO_x в дымовом газе снижается, так как конусность камер можно уменьшить и, благодаря этому, снизить общий уровень и перепад температур между коксовой и машинной сторонами.

Результаты работы большегрузных батарей показали, что увеличение ширины камер в целях повышения производительности и экономической эффективности, с точки зрения эксплуатации печей, оценивается специалистами выше ожидаемой. Длина камер коксования определяется обеспечением нормальных условий загрузки угольной шихты и выдачи кокса с учетом необходимого усилия анкерного обжатия, прочности кладки обогревательного простенка и свойств огнеупоров. Поскольку нет методики расчета максимально возможной длины печной камеры, этот параметр устанавливается только практически [6].

Предусматриваемые в проектах новых коксовых батарей увеличение ширины камер коксования и связанное с этим удлинение периода коксова-

ния, а также уменьшение толщины греющих стен коксовых печей, применение высокотеплопроводных огнеупоров позволят снизить температуру в отопительных каналах и свести к минимуму образование «термических» оксидов азота, что приводит к сокращению вредного воздействия коксохимии на окружающую среду.

Строительство батарей большой мощности позволяет вывести из эксплуатации более мелкие батареи, наносящие большой экологический ущерб. Это позволит уменьшить число технологических операций в единицу времени и общее число источников выбросов, а как следствие, снизить объем выбросов в атмосферу [7].

Библиографический список

1. Кауфман, А.А. Теория и практика современных процессов коксования [Текст] / А.А. Кауфман, В.Д. Глянченко, С.А. Косоголов.- Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005.- 61 с.

2. Высокотемпературное коксование [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/1771216/page:5/> Дата обращения: 03.03.2020.

3. Лейбович, Р.Е. Технология коксохимического производства [Текст] / Р.Е. Лейбович, Е.И. Яковлев, А.Б. Филатов. - М.: Металлургия, 1982.- 360 с.

4. Химическая энциклопедия «CHEMPORT.RU» Коксование угля [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ribalych.ru/2014/03/31/kak-proisходит-koksovanie-uglya/> Дата обращения: 03.03.2020.

5. Новые технологии коксования углей [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://metallurgist.pro/novye-tehnologii-koksovaniya-ugley/> Дата обращения: 03.03.2020.

6. Сухоруков, В.И. Научные основы совершенствования техники и технологии производства кокса / В.И. Сухоруков.- Екатеринбург: ВУХИН, 1999. - 393 с.

7. Процесс коксования [Электронный ресурс]:.- Режим доступа: <http://metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii/koks/1606-protsess-koksovaniya.html> Дата обращения: 03.03.2020.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕВОДУ ПЕЧЕЙ ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА С ЖИДКОГО НА УГОЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Коряковцева О.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук. профессор Ноздрин И.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

В работе определены основные технические решения по возможности перевода шахтной пересыпной печи для получения флюсовой извести с жидкого топлива на каменный уголь марки ДПКО в условиях ЗАО «Карат-ЦМ» (г. Сорск). Приведены результаты расчета материального и теплового балансов обжига известняка. Полученные результаты можно использовать для разработки технологического задания на реконструкцию шахтной печи

Ключевые слова: известняк, известь, флюсы, шахтная печь, обжиг, топливо, уголь.

Российская федерация по запасам свинцовых руд занимает лидирующие позиции в мире. Однако действующих мощностей по переработке свинцовых концентратов не имеет, что приводит к необходимости их экспорта в Китай, Южную Корею, Японию и Казахстан. Собственные потребности в свинце покрываются за счет переработки вторичного сырья [1]. В связи с этим давно возникла потребность в создании собственных мощностей по производству первичного свинца и одной из таких попыток стала организация в 2005г ЗАО «Карат ЦМ» для переработки свинцово-сурьмянистых концентратов Новоангарского ГОКа в городе Сорске - Республика Хакасия. Предполагалось строительство полного металлургического цикла, оборудованного короткобарабанными, отражательными, электрическими, комбинированными окислительно-восстановительными печами, а также сернокислотным производством [2].

Для обеспечения пирометаллургических процессов флюсовыми материалами, а именно известью, предусматривалась возможность использования имеющейся на территории бывшего домостроительного комбината шахтной печи для обжига известняков местных месторождений производительностью до 30 тонн в сутки (рисунок).

В качестве топлива обжиговой печи по проекту предусматривался топочный мазут марки М-100. После остановки домостроительного комбината из-за отсутствия заказов данная печь также была остановлена.

Возможность использования существующей печи для получения флюса обусловлена удовлетворительным качеством получаемой извести, отвечающим требованиям технологического процесса плавки свинцовых концентратов, и производительностью обжиговой печи, по крайней мере, покрыва-

ющей требуемую потребность при пуске первой очереди предприятия [3]. Однако использование жидкого топлива в качестве теплоносителя в настоящее время экономически нецелесообразно в связи с его высокой стоимостью и необходимостью больших энергетических затрат для получения «острого» пара, обеспечивающего жидкотекучесть мазута.

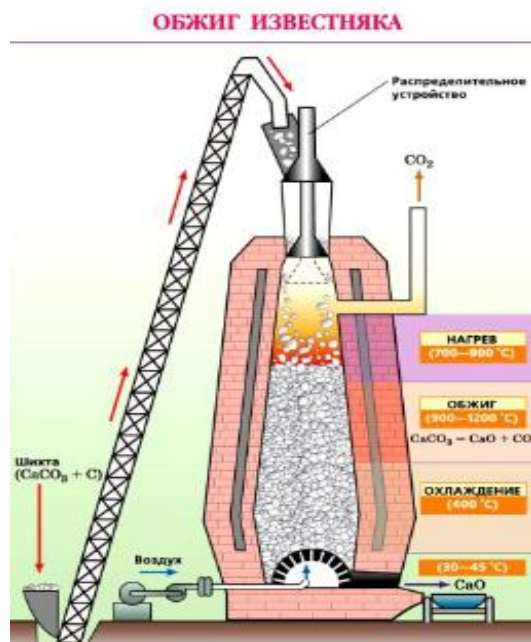


Рисунок 1 – Шахтная печь для обжига известняка

Газификация производства могла бы легко решить данный вопрос, однако подвод магистрального газа не стоит на повестке даже в ближайшей перспективе. Использование в качестве альтернативного жидкого топлива отработанных масел также не решает проблему из-за невозможности их поставки в требуемом количестве. В связи с вышесказанным, пожалуй, единственным приемлемым вариантом следует рассматривать рекомендацию по применению для обжига углей местных слабоспекающихся марок, например ДПКО. Использование угля для обжига известняков в пересыпных шахтных печах экономически обосновано, хорошо отработано на практике и не приводит к существенному снижению качества получаемой извести. Небольшие объемы производства позволяют без дополнительных затрат обеспечить складирование твердого топлива на существующей площадке для хранения известняка. Шихтовку материалов можно производить с помощью погрузочной техники на территории склада с последующей подачей сырья в шахтную печь по существующим коммуникациям. Перевод обжиговой печи на твердое топливо возможен при минимальном изменении конструкции печи и замены горелок, доступных собственными силами. Запуск и корректировка хода обжиговой печи предполагается с помощью жидкотопливных горелок, работающих на доступном топливе – отработке, антраценовой фракции каменноугольной смолы, солярке и др.

Технологическая схема обжига известняка на данном предприятии предусматривала складирование известняка на открытой асфальтированной площадке в буртах высотой до 5-ти метров, поступающего с карьера автотранспортом. Площадь открытого склада позволяет обеспечить месячную потребность в известняке и угле. Уголь должен штабелироваться бурты высотой не более 3-х метров для предотвращения самовозгорания.

Для определения расходных коэффициентов для сырьевых материалов и принципиальной возможности использования угля на печах данного типа по методике, изложенной в [4], проведен расчет материального и теплового баланса обжига известня с применением в качестве топлива каменного угля марки ДПКО с содержанием углерода 72 %, зольности 16%, летучих 12%. Калорийность данной марки составляет 7440 ккал/кг. Состав золы данной марки обеспечивает низкую спекаемость шихты, что позволяет рекомендовать использование данного топлива для обжига известня. В качестве исходного известняка используется материал с содержанием $\text{CaO}+\text{MgO}$ - 98,4 %.

Результаты расчета показывают возможность реализации теплового режима обжига при использовании данного вида топлива. Получены расходные коэффициенты сырьевых материалов на 1 тонну известня составляющие: известняка - 1,64 т, угля - 0,15 т, воздуха - 1161 м³/т.

В работе определены основные технические решения по возможности перевода шахтной пересыпной печи для получения флюсовой известня с жидкого топлива на каменный уголь марки ДПКО в условиях ЗАО «Карат-ЦМ» (г. Сорск). Приведены результаты расчета материального и теплового балансов обжига известня. Полученные результаты можно использовать для разработки технологического задания на реконструкцию шахтной печи.

К качеству строительной известня не предъявляется высоких требований, а нахождение рядом с предприятием разрезов по добыче угля экономически оправдывает использование угольного топлива.

Библиографический список

1. Тарасов, А. В. Производство цветных металлов и сплавов / А. В. Тарасов справочник: в 3 т. Т. 3. Вторичная металлургия тяжелых цветных металлов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 488 с.
2. Технологический регламент ЗАО «Карат-ЦМ», производство свинцово-плавильного комбината: Отчет о разработке технологического процесса. – М.: ГИНЦВМ, 2006. – 50 с.
3. Косенко, Н. Ф. Химическая технология вяжущих материалов и изделий на их основе. Воздушные вяжущие вещества: учебное пособие / Н. Ф. Косенко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Ивановский государственный химико-технологический университет. - Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2015. - 219 с.
4. Монастырев, А. В. «Производство известня» / А. В. Монастырев — М: Высшая школа, 1971 г. — 269 с.

СПОСОБЫ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Алексеев А.Е.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Полях О.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

В работе описаны основные способы металлотермического синтеза и области их применения. В результате аналитического обзора установлено, что из всего многообразия способов металлотермического синтеза, наиболее широко распространены: алюмотермия, силикотермия, кальциотермия, магниотермия и комбинированные способы. Методом алюмотермии получают сплавы ряда технически важных металлов (Nb, Ti, W, Zr, Cr, Ba, Ca, V, Ta, Sr), которые применяют для легирования сталей, чугунов и цветных металлов, и как исходные материалы для производства самих металлов.

Ключевые слова: восстановление металлов, сплавы, металлотермические процессы, внепечной способ получения металлов, металл, производство ферросплавов, восстановитель, теплота реакции.

При анализе способов металлотермического синтеза использовались материалы, приведенные в работах [1-10].

В настоящее время активно развиваются металлотермические процессы и находят все более активное применение в металлургии, отраслях химии и технике. Наряду с традиционным получением ферросплавов, они оказались достаточно перспективными для производства множества других металлов и сплавов. Существует масса примеров получения металлотермическим восстановлением галоидных и кислородных соединений более 30 металлов, таких как бериллий, титан, цирконий, уран, торий, а также двойных или тройных сплавов и интерметаллидов – алюминидов, силицидов, боридов. Использование теплоты реакции металлотермического процесса, позволяет отказаться от использования печных установок и упростить технологию, а также сократить стоимость процесса и продукции. В современной металлургии металлотермия используется, как правило, для раскисления металлов и сплавов, другими словами, для удаления кислорода, содержащегося в металлических расплавах, и образования жидкоподвижных шлаков, что, как правило, повышает качество выплавляемых сталей и сплавов.

Алюминотермические процессы

Алюминотермические процессы разделяют на 3 основные группы: [1, 5, 7,8].

– процессы, в которых благодаря экзотермическому эффекту реакции выделяется тепла больше, чем необходимо для нормального протекания реакции (расплавления всех компонентов, разделения металлической и шлако-

вой фаз в результате разности в плотностях расплавов);

- процессы, в которых тепла выделяется больше, чем нужно для расплавления продуктов реакции, но недостаточно для покрытия тепловых потерь;

- процессы, в которых тепло выделяется в недостаточном количестве для расплавления продуктов реакции.

Процессы первой группы проводят внепечным способом. Перемешанную шихту загружают в горн и поджигают запалом из стружки Mg. Плавку проводят как с выпуском металла, так и без выпуска металла. Средняя продолжительность данного процесса (на 4-6 т шихты) составляет 15-20 минут. Степень извлечения металла 70-80 %. Шлак и металл разделяют либо механически после остывания, либо при помощи, отдельного выпуска. Внепечным методом получают легковосстанавливаемые металлы, а также лигатуры, содержащие относительно трудно восстанавливаемые металлы.

Процессы второй группы проводят в горне. Дополнительное тепло, необходимое для компенсации потерь на нагрев стенок горна, получают в результате, введения добавок порошка Al с оксидами металлов при взаимодействии которых выделяется большое количество тепла.

Процессы третьей группы проводят в электропечах сталеплавильного типа, лигатуры выплавляют в наклоняющейся дуговой печи. Печь разогревают до 1973-2023 К, далее зажигают дугу и загружают шихту. По окончании плавления шихты и выдержки расплав сливают в изложницу, из которой после отстаивания и кристаллизации шлака производят выпуск лигатуры.

Величина минимально необходимой термичности, кроме теплового эффекта реакции и абсолютного веса шихты, зависит также от множества дополнительных факторов: от гранулометрического состава реагирующих компонентов, степени окисленности восстанавливаемого металла, качества смешения шихты, относительной поверхности, теплоотдачи реагирующей шихты.

К достоинствам алюминотермического процесса можно отнести:

- восстановление оксидов металлов, имеющих высокую прочность, при удовлетворительном извлечении их из шихты, поскольку алюминий обладает высоким химическим сродством к кислороду;

- восстановление оксидов и получение сплавов, технически чистых металлов с низкой концентрацией углерода и примесей цветных металлов;

- простота аппаратного оформления процесса, небольшие капитальные затраты;

- ведение процесса в наклоняющемся горне с выпуском шлака и металла;

- возможность предварительного расплавления оксидов и флюсов в электропечи, что позволяет значительно интенсифицировать процесс, и уменьшить расход алюминия;

- использование высокоглиноземистых шлаков для получения синтетических шлаков, а также клинкера высокоглиноземистого цемента;

- возможность использования в шихте значительного количества ме-

таллических отходов металлов и сплавов (металлотермический переплав);

– простота получения, хранения и применения алюминиевого порошка по сравнению с порошками кальция или магния.

Вследствие этого, а также более высокой стоимости кальция и магния, магниетермический и кальциетермический процессы при получении ферросплавов, технически чистых металлов и лигатур на ферросплавных заводах не применяют.

Силикотермические процессы

Силикотермия – получение металлов и сплавов восстановлением оксидов металлов кремнием. Силикотермия используется для восстановления металлов, химическое сродство к кислороду у которых меньше, чем у кремния. Процесс сопровождается выделением большого количества тепла. Активно распространен силикотермический способ восстановления магния, основанный на химической реакции:



Силикотермия – это одним из главных промышленных способов выплавки ферросплавов, используется для получения ферросплавов на основе молибдена, вольфрама, хрома, марганца, ванадия. [7, 10] Наряду с этим силикотермия применяется для выплавки ферросплавов, ведущие элементы которых имеют более высокую активность к кислороду в сравнении с кремнием. Представителем этой группы ферросплавов является силикокальций, содержащий до 30 % кальция.

В силикотермических процессах кремний, как правило, используют в виде высококремнистых сплавов (ферросилиция, силикомарганца, силикохрома). Это дает возможность изготавливать ферросплавы с низкой концентрацией углерода, что необходимо для производства стали с пониженным содержанием углерода. Так как выделяющейся при силикотермических процессах теплоты недостаточно для расплава, их проводят в электродуговых печах. Способность кремния образовывать со многими металлами прочные химические соединения (силициды), дает возможность восстанавливать силикотермическим способом трудновосстановимые оксиды кальция, магния, циркония, редкоземельных металлов. Силикотермическое восстановление компонентов из их оксидов используется и в сталеплавильном производстве, обеспечивая уменьшение содержания оксидов сравнительно легковосстановимых металлов (в том числе железа), а также извлечение растворенного в сталеплавильной печи кислорода в шлак.

У кремния как восстановителя есть следующие недостатки: [2]

– вследствие образования кремнезема повышается количество шлака (для безшлаковых процессов количество шлака составляет около 3-10 % от массы металла, для шлаковых процессов кратность шлака может составлять $(1,2-1,5) \div 3,5$), также возрастает активность SiO_2 , возникают прочные силикаты низших оксидов ведущего элемента;

- дальнейшее восстановление возможно при введении в шлак или шихту оксидов с основными свойствами; при температуре выплавки кремний образует с металлами растворы, обладающие отрицательными отклонениями от свойств идеальных растворов, что свидетельствует о прочности связи Me – Si и затрудняет получение сплавов с низкой концентрацией кремния;
- высокая стоимость.

Кальцийтермические и магниетермические процессы

Кальциетермия – металлотермический процесс восстановления кальцием металлов из их оксидов и галогенидных солей. Кальций характеризуется наиболее высоким химическим сродством к кислороду и галогенам. Кальциетермия позволяет, получать чистый уран:



Кальций является дорогим металлом, его используют только в случаях, когда другие восстановители не могут обеспечить эффективность технологического процесса восстановления.

Интерес к магниетермии возрос в связи с освоением производства относительно дешевого и чистого чушкового и порошкового магния и с успехами, достигнутыми в магниетермическом получении В, Ti, Zr, Hf, U. Известно, что в США в 1956 г. 29 % всего потребляемого магния расходовалось на цели восстановления, а в Японии в 1963 г. магний как восстановитель использовался на 56,4%. Магний хороший восстановитель почти всех оксидов, так как образование MgO сопровождается наибольшей убылью свободной энергии. Но для успешного протекания магниетермического процесса необходим тепловой эффект реакции, достаточный для расплавления компонентов шихты и продуктов реакции. Металлохимический анализ показывает, что получить магниетермическим путем относительно чистый металл или интерметаллид возможно в достаточно ограниченном количестве систем. Гораздо чаще при этом получается сплав восстанавливаемого элемента с избытком магния или смесь нескольких трудноразделимых фаз [3, 10].

Комбинированные металлотермические процессы

В ряде случаев применяются одновременно несколько восстановителей. Продукты металлотермической плавки характеризуются низким содержанием углерода. Металлотермические плавки относятся к периодическим процессам, которые ведут с использованием определенного количества шихтовых материалов, предназначенных для одной плавки. Загруженная в печь (горн) шихта полностью проплавляется с восстановлением оксидов ведущих элементов. Выпуск продуктов плавки (металла и шлака) проводят периодически либо одновременно, либо отдельно (только шлак). Выплавку ферросплавов при периодическом процессе чаще всего ведут флюсовым способом. При флюсовом способе восстановление оксидов ведущего элемента проис-

ходит по реакциям:



Уменьшение активности SiO_2 и Al_2O_3 способствует смещению реакций в сторону большей степени восстановления оксида ведущего элемента. В качестве флюсов используют материалы, содержащие CaO , MgO и другие компоненты, образующие наиболее прочные химические соединения с оксидами – продуктами реакций восстановления. При этом повышается вязкость шлака, снижается (или повышается) температура плавления шлака, снижается концентрация в ферросплаве примесей, что приводит к наиболее полному извлечению ведущего элемента и повышению качества ферросплавов [4].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что из многообразия способов металлотермического синтеза, в основном используют алюминотермический способ, так он имеет ряд преимуществ:

- алюминий обладает высоким химическим сродством к кислороду;
- при данном способе обеспечивается получение сплавов и технически чистых металлов с низкой концентрацией углерода и примесей цветных металлов;
- простота аппаратного оформления процесса, небольшие капитальные затраты;
- использование при данном способе в шихте значительного количество металлических отходов металлов и сплавов (металлотермический переплав).

Библиографический список

1. Лякишев, Н.П. Алюмотермия / Н.П. Лякишев, Ю.Л. Плинер, Г.Ф. Игнатенко, С.И. Лапко – М.: Металлургия, 1978. – 424 с.
2. Емлин, Б.И. Справочник по электротермическим процессам / Б.И. Емлин, М.И. Гасик – М.: Металлургия, 1978. – 288 с.
3. Эйдензон, М.А. Магний / М.А. Эйдензон – М.: Металлургия, 1969. – 353 с.
4. Бисембаев, Т.Б. Совершенствование обеспечения качества ферросплавов на стадии производства / Т.Б. Бисембаев. – М.: Металлургия, 2000. – 155 с.
5. Основы металлотермии [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://mybiblioteka.su/1038177.html> – Дата обращения: 03.03.2020
6. Мурач, Н. Н. Внепечная металлотермия / Н. Н. Мурач, У. Д. Верятин. – М.: Металлургиздат, 1958. – 96 с.
7. Металлотермия [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2545.html> Дата обращения: 03.03.2020.
8. Алюминотермия [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://azbukametalla.ru/entsiklopediya/a/alyuminotermiya.html> Дата обращения: 03.03.2020.
9. Магниетермия [Электронный ресурс]: Режим досту-

па:<https://metallurgicheskiy.academic.ru/5573/Магниетермия> Дата обращения: 03.03.2020.

10. Силикотермия [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://megabook.ru/article/Силикотермия> Дата обращения: 03.03.2020.

УДК 661.522

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛАВЛИВАНИЯ АММИАКА ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА

Литвинов А.П.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Полях О.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

В данной работе рассмотрены два способа улавливания аммиака при очистке коксового газа: бессатураторный и круговой фосфатный способ. На основе их сравнительного анализа показана целесообразность перехода от одного способа к другому, на примере предприятия ЕВРАЗ ЗСМК.

Ключевые слова: сульфат аммония, сатураторный способ, круговой фосфатный способ.

В настоящее время на предприятии применяется бессатураторный способ очистки коксового газа от аммиака с использованием в качестве реагента, связывающего аммиак, серную кислоту. При анализе способов улавливания аммиака при очистке коксового газа использовались материалы, приведенные в работах [1-6].

Бессатураторный способ

Коксовый газ поступает в нижнюю часть первой секции форсуночного абсорбера, где через форсунки орошается раствором с кислотностью не более 0,8-1,0 % масс., затем через внутреннюю ловушку газ поступает в верхнюю секцию, где орошается раствором с кислотностью 8-10 % масс. Удельная плотность орошения составляет в каждой из секций 3-4 дм³/м³ газа.

Концентрация сульфата аммония в растворе первой ступени составляет около 40 % масс. Циркулирующая жидкость из каждой секции подается в свой сборник, откуда насосами вновь возвращается в цикл. Переток из второго в первый цикл регулируется по величине кислотности первого цикла. Подача серной кислоты и конденсата для пополнения циклов автоматически регулируется по показаниям кислотомеров и плотномеров. Часть маточного раствора из первой секции через специальный смолоотделитель отводится в сборник, а оттуда на установку вакуумной кристаллизации.

На большинстве коксохимических предприятий, работающих по бессатураторной схеме, используют заимствованные у английской фирмы Симон-

Карве кристаллизаторы с циркуляцией пульпы по схеме «термосифона». Раствор сульфата аммония подается в нижнюю часть аппарата и включается в цикл пульпы. Циркуляция создается благодаря тому, что раствор, нагреваясь в трубках, вытесняется более плотной пульпой, опускающейся в центральной трубе аппарата, поступает в зону испарения, где поддерживается вакуум 91 кПа с помощью эжектора парового и поверхностного конденсатора.

При этом часть раствора испаряется, возникающее пересыщение снимается благодаря росту кристаллов, содержащихся в пульпе, и тяжелая охлажденная пульпа опускается по центральной трубе. Кристаллы осаждаются в конической части аппарата, и пульпа выводится на центрифугу. На установках этого типа получают частицы размером 0,3-1,0 мм, что соответствует нормам высшего сорта, но не отвечает требованиям сельского хозяйства к гранулометрическому составу удобрений.

Кристаллы, однородные и отвечающие по размеру гранулам, могут быть получены только в кристаллизаторах. В таких аппаратах из зоны испарения раствор с минимальным пересыщением поступает в кристаллизатор, где поддерживается взвешенный слой растущих кристаллов. Пересыщение снимается преимущественно в этом слое. Вновь образующиеся центры кристаллизации и мелкие кристаллы с раствором подаются в подогреватель, где растворяются. Подогретый раствор поступает в зону испарения. Возможность получения кристаллов размерами 1-4 или 2-4 мм приводит в то же время к необходимости увеличения размеров кристаллизатора.

При изготовлении сульфата аммония в бессатураторном процессе вместо сушилок кипящего слоя обычно используют более громоздкие и менее эффективные барабанные сушилки.

В бессатураторном способе возможно использование отработанной серной кислоты, одноступенчатых абсорберов, серная кислота может храниться и транспортироваться в емкостях из углеродистой стали, сравнительно просто решаются вопросы защиты от коррозии оборудования, представляется возможным совмещение в одном аппарате поглощения аммиака и получения кристаллического продукта, возможность сочетания улавливания аммиака и пиридиновых оснований, сульфат аммония транспортабелен.

Круговой фосфатный способ

По этой технологии аммиак из газа улавливается, а затем разрушается термическим способом в энерготехнологическом реакторе с получением безвредных веществ (водяной пар и газообразный азот), которые выбрасываются в атмосферу без загрязнения окружающей среды. В качестве побочного продукта получается пар с технологическими параметрами, соответствующими техническим условиям для пара среднего давления, который используется в технологии улавливания, благодаря чему снижаются затраты на приобретение энергоресурсов. Вместо серной кислоты в процессе используется ортофосфорная кислота, которая находится в замкнутом цикле и используется многократно. В процессе улавливания и последующей десорбции

аммиака происходит регенерация циркулирующего раствора, затраты на приобретение ортофосфорной кислоты для пополнения цикла ниже затрат на приобретение серной кислоты в 40 раз, необходимое количество ортофосфорной кислоты по сравнению с серной снижается более чем в 300 раз.

Круговой фосфатный способ (КФС) улавливания аммиака растворами ортофосфатов аммония основан на следующей обратимой химической реакции:



Аммиак селективно абсорбируется раствором моноаммонийфосфата МАФ ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) при температуре $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 < 50^\circ\text{C}$, при этом образуется диаммонийфосфат ДАФ ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$). При нагреве раствора до температуры $> 100^\circ\text{C}$ ДАФ, разлагается на МАФ и аммиак. Аналогично десорбции аммиака из надсмольной воды на аммиачных колоннах, аммиак отгоняется водяным паром из фосфатного раствора в колонном аппарате. Схема получения сульфата аммония круговым фосфатным способом представлена на рисунке [2].

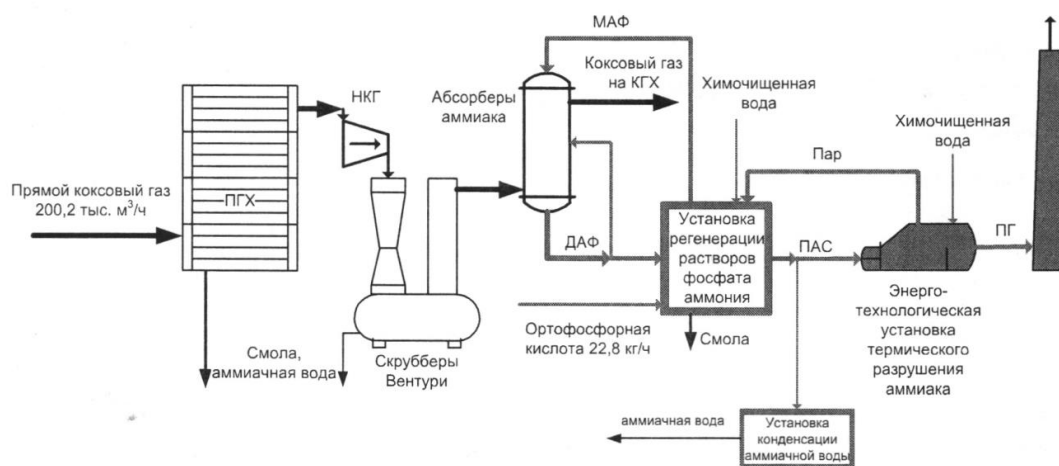


Рисунок 1 - Принципиальная схема получения сульфата аммония круговым фосфатным способом

Коксовый газ, охлажденный в первичных газовых холодильниках до температуры $< 35^\circ\text{C}$, нагнетателями подается в скрубберы Вентури (СВ). В них очищается от аэрозолей и смолы циркулирующей надсмольной воды. Газовый конденсат и избыток циркулирующей воды поступают в промежуточный сборник. Эффективность очистки газа в скрубберах Вентури достигает 90 % и содержание смолы в газе после них не превышает $0,5 \text{ г/м}^3$, что является необходимым условием для надежной работы установки очистки коксового газа от аммиака круговым фосфатным способом. Затем газ подается в абсорбер аммиака, состоящий из двух ступеней. В нижней форсуночной ступени абсорбера циркулирующим раствором диаммонийфосфата абсорбируется из газа около 50% аммиака. После этого газ проходит через верхнюю ступень абсорбера, где на пластинчатых тарелках раствором моно-

амонийфосфата абсорбируется до остаточного содержания $< 0,05$ г/нм³. Одновременно раствором извлекаются $< 65\%$ содержащихся в газе легких пиридиновых оснований. Далее коксовый газ обрабатывается по технологии, включающей конечное охлаждение и извлечение бензольных углеводородов каменноугольным поглотительным маслом. Раствор ортофосфатов аммония после абсорбера отстаивается в отстойнике, в котором отделяется извлеченная из газа смола (верхний слой). Для розжига печи-реактора и поддержания температурного режима в аммиачной топке сжигается небольшое количество обратного коксового газа (150-250 м³/ч). Вторая топка печи-реактора служит только для сжигания коксового газа и обеспечения максимальной производительности котла-утилизатора (сезонно, по требованию балансов паропотребления на коксохимпроизводстве).

Таким образом, при круговом фосфатном способе используется меньшее количество ортофосфорной кислоты, чем серной кислоты, процесс улавливания аммиака идет в непрерывном цикле, что сокращает потребление пара, очистка газа более эффективна, по сравнению с другими способами.

Выводы.

На основании изложенного можно сделать вывод, что круговой фосфатный способ более эффективный. Но переход предприятия ЕВРАЗ ЗСМК на него повлечет большие финансовые затраты на покупку дорогостоящего оборудования, закупку ортофосфорной кислоты, транспортировку и утилизацию отработанной серной кислоты, что в свою очередь увеличит срок окупаемости инвестиций, потраченных на переход к круговому фосфатному способу.

Библиографический список

1. Попов, А.С. Особенности сатураторного и бессатураторного способов получения сульфата аммония / А.С. Попов, Л.С. Ширяева // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: сб. тр. Всероссийской науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (01-03 июня) / СибГИУ. - Новокузнецк, 2016. - Вып. 20. - Ч. III. Естественные и технические науки. - С. 342-345.
2. Дмитриев, М.М. Краткий справочник коксохимика. Химическая промышленность / М.М. Дмитриев, Я.М. Обуховский - М., 1976. – 197 с.
3. Кауфман, А.А. Технология коксохимического производства / А.А. Кауфман, Г.Д. Харлампович - Екатеринбург: 2005. – 288 с.
4. Лейбович, Р.Е. Технология коксохимического производства / Р.Е. Лейбович, Е.И. Яковлева, А.Б. Филатов - М., 1982. – 360 с.
5. Современные технологии в области переработки химических продуктов коксования [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.vuhin.ru/innoprom2010/14alb_chem.pdf Дата обращения: 03.03.2020.
6. Пат. №2276680 РФ МПК С01В 25/28. Способ очистки раствора ортофосфатов аммония от смолистых веществ при улавливании аммиака из коксового газа / С.С. Сычев, Е.А. Кошелев, В.А. Чимаров, Б.Д. Зубицкий, В.С. Швед. – Заявл. 05.05.2004; опубл. 20.05.2006.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТК НА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Новиков М.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Полях О.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafcmet@sibsiu.ru*

Проведен сопоставительный анализ способов тушения кокса. Рассмотрены особенности эксплуатации и перспективы УСТК на АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Ключевые слова: кокс, коксовая батарея, тушение кокса, УСТК.

Введение

Коксохимическое производство является важнейшей частью отрасли народного хозяйства – черной металлургии. В задачу коксохимического производства входит переработка каменных углей (шихты) с получением из них кокса, коксового газа и продуктов коксования. Кокс является основным топливом в процессе получения железа из руд, в частности, в важнейшем этапе этого процесса – производстве чугуна в доменных печах.

Технологический процесс производства кокса завершается выдачей его из печей с температурой 950–1100 °С. Чтобы предотвратить горение раскаленного кокса после выгрузки из печи, а также сделать кокс пригодным для транспортировки и хранения, необходимо снизить его температуру до 250–100 °С, при которой исключается самовозгорание и тление, т. е. кокс необходимо «потушить». Существует два метода тушения кокса – мокрое и сухое. Мокрое тушение кокса заключается в заливке раскаленного кокса водой. Сухое тушение кокса осуществляется в установках сухого тушения кокса (УСТК). В данной работе рассмотрено сухое тушение кокса на предприятии АО «ЕВРАЗ ЗСМК», его преимущества и недостатки. При анализе способов тушения кокса использовались материалы, приведенные в работах [1-8].

Преимущества УСТК:

- 1) обеспечиваются более высокие показатели твердости кокса (CRS, M_{25} , M_{10}) и увеличивается на 10-15 % выход крупных фракций;
- 2) повышается теплота сгорания за счет снижения содержания влаги до 1-2 % по сравнению с 5-10 % при мокром тушении;
- 3) экономится около 40 кг условного топлива на 1 т кокса за счет получения 400 кг пара энергетических параметров;
- 4) себестоимость 1 т пара, полученного на установке сухого тушения кокса, в 2,5–3 раза меньше себестоимости пара, вырабатываемого обычными котельными коксохимических заводов;
- 5) уменьшается загрязнение воздушного бассейна.

Недостатки УСТК:

1) данные установки являются основными источниками выбросов оксида углерода не только в коксохимическом производстве, но и во всем металлургическом цикле;

2) при использовании этого метода охлаждения выход кокса снижается. Это явление получило название «угара» кокса, который может составлять от 0,5 до 1,6 % на плохо работающих установках. Угар кокса происходит при соприкосновении с кислородом воздуха, который может увлекаться в камеру тушения при загрузках, поступать в систему через неплотности;

3) подача азота является существенной статьёй расходов УСТК.

В настоящее время в АО «ЕВРАЗ-ЗСМК» эксплуатируются три установки сухого тушения кокса. УСТК №2 коксовой батареи №4 (КБ-4) введена в эксплуатацию в 1969 г., УСТК №3 КБ-5, 6 введена в эксплуатацию в 1971 г., УСТК №4 КБ-7 введена в эксплуатацию в 1980 г.

В состав УСТК №2 входят четыре блока; в состав УСТК № 3,4 – по пять блоков. В каждый блок входят камера тушения, загрузочное и разгрузочное устройство, подъемник, котёл-утилизатор, дымососы (основной и резервный), пылеулавливающее и вспомогательное оборудование. В таблице 1 приведены основные характеристики УСТК [6].

Таблица 1 – Характеристики УСТК

Наименование параметров	Норма	
Производительность	48-52 т/ч	
Количество потушенных печей от количества рабочих камер, печей/час	4-10	
	3-8	
	2-5	
	1-2,5	
Температура выгружаемого кокса, °С	170-250 °С	
Температура перегретого пара, °С	450 °С	
Выработка пара на 1 т протушенного кокса, т/ч: УСТК №2 УСТК №3 УСТК №4	0,5 0,46 0,49	
	Рабочий цикл от выдачи печи из камеры коксования (середина батареи) – передача раскаленного кокса на УСТК, возвращение порожнего кузова и установка его под следующую выдаваемую печь: УСТК №2 УСТК №3 УСТК №4	5 мин, 40 сек. 5 мин, 40 сек. 6 мин, 10 сек.

По проекту второй блок коксовых батарей (КБ-3, КБ-4) обеспечивал выдачу 10-ти печей/час (с темпом выдачи 12 мин.) Для данного блока коксовых батарей проектом изначально предусматривалось только сухое тушение

кокса. Второй блок коксовых батарей был построен и готов к запуску, но УСТК№2 к сдаче в эксплуатацию готова не была, поэтому было принято решение о строительстве временной тушильной башни и рамп Р1 и Р2 для тушения мокрым способом. 2ой блок был запущен в работу и со временем была запущена УСТК№2, но на проектную мощность установка не вышла и не обеспечивала прием на тушение 10 печей/час, а принимала только 7-8 печей/час. Причиной этому послужила «нехватка» машинного времени, т.е. низкая производительность оборудования, ввиду конструктивных особенностей.

УСТК№3, обслуживающая третий блок (КБ-5, КБ-6), столкнулась с такой же проблемой, и временная тушильная башня с рампами Р1 и Р2 стала незаменимой частью в тушильном цикле коксового цеха.

На данный момент физический износ коксовых батарей предприятия АО «ЕВРАЗ ЗСМК» неизбежно увеличивает затраты на капитальные и текущие ремонты, фонды оплат труда обслуживающему персоналу, амортизацию машин, оборудования и т.д. Амортизационный срок службы коксовой батареи определяется в пределах 20 - 25 лет. Действительный срок службы коксовой батареи зависит от условий ее эксплуатации и может составлять 12-46 лет. В перспективе планируется строительство и запуск новых коксовых батарей, либо реконструкция существующих, и в условиях современного капитализма созревает вопрос выбора оптимального метода тушения кокса с целью снижения вредных выбросов и утилизации физического тепла коксования при минимальных вложениях инвестиций и быстрым сроком окупаемости проекта.

Библиографический список

1. Лейбович, Р.Е. Технология коксохимического производства / Р.Е. Лейбович, Е.И. Яковлева, А.Б. Филатов – М.: Металлургия, 1982. – 360 с.
2. Духан, В.Н. Мастер коксового производства / В.Н. Духан. – М.: Металлургия, 1970. – 368 с.
3. Мучник, Д. А. Теория и техника охлаждения кокса / Д.А. Мучник, Постольник Ю.С. – Киев– Донецк: Вита школа, 1979. – 160 с.
4. Мухин, И.Н. Оборудование сухого тушения кокса / И.Н. Мухин. – Харьков: Книжное издательство, 1962. – 342 с.
5. Браун, Н.В. Перспективные направления развития коксохимического производства / Н.В. Браун, И.М. Глущенко. – М.: Металлургия, 1989. – 272 с.
6. Кузнецов, И.С. Технологическая инструкция ТИ 107-КХ.К-08-06 Производство кокса . – Новокузнецк, 2006. – 87 с.
7. Апшин, Б.И., Производственно-техническая инструкция ПТИ 899-КЦ-11-2016. – Новокузнецк, 2016.- 44 с.
8. Установки сухого тушения кокса [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://giprokoks.com/ru/coke-quenching> Дата обращения: 03.03.2020

НЕТРАДИЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ШТРИПСОВОЙ ЛЕНТЫ ПОД ПОРОШКОВУЮ ПРОВОЛОКУ

Густова Д.О., Иванкина И.В.

Научный рекоординатор: д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ivankina-2013@mail.ru*

В последнее время использование порошковых материалов в металлургии для раскисления выплавляемой стали приобретает нарастающую тенденцию. Порошковые материалы вносятся в расплавы в виде порошковой проволоки, которая имеет наружную оболочку из стальной штрипсовой ленты и внутреннюю засыпку порошка. Штрипсовую ленту получают путем роспуска холоднокатаной листовой стали, имеющей высокую начальную стоимость. Предлагается для получения штрипсовой ленты использовать дешевую круглую заготовку, подвергнув деформированию способом “Конформ”. Такой подход позволит существенно снизить стоимость штрипсовой ленты для получения порошковой проволоки. Предложена новая технология и компоновка оборудования для получения штрипсовой ленты. Оценена эффективность предлагаемых решений.

Ключевые слова: непрерывное прессование, штрипсовая лента, порошковая проволока.

Использование порошковых материалов в металлургии вызывает необходимость разработки способов упаковки и доставки порошков в нужное место. Наиболее распространенным способом упаковки порошков является порошковая проволока, состоящая из наружной стальной оболочки с внутренней насыпкой порошка. Наружная оболочка формируется из стальной штрипсовой ленты толщиной 0,6...0,7 мм и шириной 30...40 мм. Получают штрипсовую ленту роспуском холоднокатаной рулонной стали, причем, чем меньше ширина штрипса, тем больше его цена. Таким образом, роспуск дорогой холоднокатаной стали на узкие штрипсы существенно увеличивает цену порошковой проволоки, а если учесть, что требования к размерам штрипса не высокие, то использование дорогих материалов не оправдано. Получить штрипсовую заготовку, под порошковую проволоку можно из круглой сортовой заготовки раслюцив ее до нужной толщины в валках прокатного стана. Однако такой способ используется для получения штрипсовой ленты шириной не более 12 мм. При попытке получения таким способом более широкой ленты затраты существенно увеличивается. Связано это с тем, что при прокатке круглой заготовки в гладких валках уширение незначительно, и ширина полосы практически не превышает исходной заготовки. Для того чтобы получить из сортовой круглой заготовки штрипсовую ленту

под порошковую проволоку необходимо, чтобы в процессе деформирования заготовки металл перераспределялся в основном на увеличение ширины. Традиционным способом прокатки этого добиться не удастся. Однако решить поставленную задачу можно, используя прием управления активными силами трения. В последнее время появились новые процессы, позволяющие эффективно использовать и управлять активными силами трения [1 - 5], что существенно расширяет возможности процессов ОМД.

Из известных способов управления активными силами трения наибольший интерес с практической точки зрения представляет способ, получивший название “Конформ” [6]. К достоинствам данного способа относятся простота кинематической схемы, высокая технологическая гибкость за счет быстрой смены инструмента, для деформирования не требуется нагрева до высоких температур, так как в процессе формоизменения выделяется тепло, обеспечивающее высокую пластичность металла.

Однако практическая реализация способа “Конформ” сдерживается не достаточной технической и технологической разработкой процесса, малой изученностью в теоретическом плане и, в связи с этим, отсутствием обоснованных рекомендаций по выбору энергоэффективных режимов формоизменения.

Для реализации способа “Конформ” используется вращающийся валок и неподвижный “башмак”, охватывающий до четверти окружности вала. Валок и башмак образуют закрытый канал с постоянным сечением по длине. В конце канал перекрыт упором, а для формирования готового профиля используется матрица, расположенная, как правило, в верхней части “башмака” в районе упора. Под действием активных сил трения на поверхности вала металл втягивается в канал, где создается давление, необходимое для прессования. Анализ известных конструкций устройств для осуществления способа “Конформ” позволил выявить их недостатки, накладывающие ограничения и создающие сложности при практической реализации:

1. Сечение заготовки должно точно соответствовать сечению канала. В противном случае активных сил трения будет не достаточно для прессования;
2. На входе в канал необходимо размещать задающее устройство, обеспечивающее начальную стадию процесса;
3. Величина активных сил трения не поддается регулировки и, как правило, значительно превышает необходимое значение, что в свою очередь, приводит к неоправданно большим затратам энергии;
4. Отсутствие деформации металла между валком и “башмаком” делает невозможным использование данного способа для получения простых профилей, плющеной ленты, переносит всю нагрузку по формированию готового профиля на матрицу.

Устранить выявленные недостатки и ограничения можно за счет изменения конструкции крепления башмака. Необходимо дополнительно оборудовать установку “Конформ” устройством, изменяющим угол наклона башмака. Такое конструктивное решение позволит изменить форму канала, об-

разованного валком и “башмаком”. Высота канала будет уменьшаться от входа до матрицы, что обеспечит дополнительную деформацию заготовки в канале, уменьшив нагрузку на матрицу. Деформирование металла в канале позволит снять ограничения по размерам и форме сечения заготовки. Изменение угла наклона “башмака” дает возможность менять площадь очага деформации, где действуют активные силы трения, тем самым создавая оптимальные с точки зрения энергозатрат условия ведения процесса. Возможность деформирования в сужающемся канале, образованном валком и “башмаком”, позволит формировать простые профили без использования матрицы, что существенно снизит энергозатраты и сделает экономически выгодным такой способ производства простых профилей, тем самым расширив линейку сортамента выпускаемой продукции.

В качестве практического применения предложенного технического решения разработана технология получения штрипсовой ленты под порошковую проволоку. Как показали проведенные эксперименты при деформировании круглой заготовки между неподвижным “башмаком” и вращающимся колесом наблюдается очень большое уширение заготовки. Такая особенность использована при разработке новой технологии производства стальной штрипсовой ленты шириной 30 – 50 мм и толщиной 0,7 – 1 мм, которая требуется в качестве оболочки для порошковой проволоки, применяемой при раскислении металла в ковше, а также ее можно использовать для обвязки готовой продукции. Разработанная технологическая схема процесса приведена на рисунке 1. В качестве заготовки используется круглая сталь 10КП диаметром 12 – 14 мм в бунтах, полученная в сортопрокатном цехе АО “ЕВРАЗ ЗСМК”. После размотки круглая сталь проходит индуктор, который разогревает ее до температуры $0,5T_{пл}K$. Данная операция необходима в связи с тем, что формоизменение в предлагаемом устройстве сопряжено с большими значениями деформаций за проход (80 – 90%). Анализ ресурса пластичности металла в таких условиях показал, что деформирование в холодном состоянии может привести к возникновению трещин. После нагрева заготовка деформируется в разработанном устройстве до толщины 1 – 1,5 мм, при этом ширина увеличивается до требуемых размеров полосы, заданная ширина и прямоугольность боковых кромок контролируется матрицей, установленной на выходе. Затем полоса калибруется до толщины 0,6 – 0,7 мм, охлаждается и сматывается.

Стальная лента, полученная по вышеприведенной технологии, позволяет заменить дорогостоящую холоднокатаную листовую сталь. Проведенные расчеты показали, что такая замена обеспечит эффективность до 1 – 1,5 тыс. рублей на тонне. Для текущего обеспечения конвертерных цехов порошковой проволокой в объеме 100 тонн в месяц потребность в штрипсовой ленте составит 60 – 70 тонн в месяц. Для обвязки готового проката потребность в ленте составляет 240 тонн в месяц. В перспективе, с переводом комбината на непрерывную разливку стали с учетом заявок сто-

ронных организаций, потребность в штрипсовой ленте возрастет до 500 тонн в месяц, а обвязочной ленты – до 600 тонн. Ожидаемый годовой экономический эффект после внедрения предлагаемой технологии составит более 18 млн. рублей.

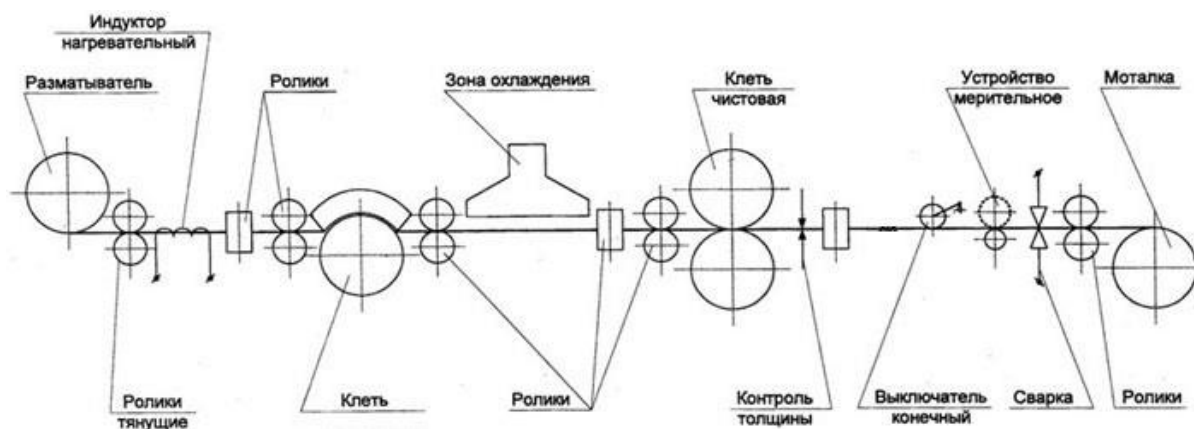


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса получения штрипсовой ленты под порошковую проволоку в условиях ОАО “ЕВРАЗ ЗСМК”

Таким образом, на основе анализа известных конструкций устройств, реализующих способ “Конформ”, предложено новое техническое решение, позволяющее развить этот способ за счет снятия ограничения по размерам и форме исходной заготовки, уменьшения нагрузки на матрицу, возможности регулировки величины активных сил трения в очаге деформации, что в свою очередь снизит энергозатраты, расширит сортамент получаемых профилей. Предложена эффективная технология получения штрипсовой ленты под порошковую проволоку применительно к условиям АО “ЕВРАЗ ЗСМК”.

Библиографический список

1. Фастыковский А.Р. Оценка возможностей процесса прокатки – прессования // Кузнечно – штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2004. - №2. – С. 3 – 6.
2. Фастыковский А.Р. К вопросу о процессе прокатки – прессования // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. - № 2. – С. 67 – 70.
3. Fastykovskii A.R. Region for Extrolling and Effective Deformation Modes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2011. – Vol. 52 – №3. – pp. 230 – 233.
4. Фастыковский А.Р. Область осуществимости процесса прокатки – прессования и эффективные режимы деформирования // Известия вузов. Цветные металлы. – 2011. - №3. – С. 26 – 29.
5. Фастыковский А.Р. Экспериментальное изучение процесса прокатки – прессования // Кузнечно – штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2010. - №11. – С. 11 – 14.
6. Johann Langerweger, Brian Maddock Das Conform – Verfahren // Technische Rundschau №24. 12 Juni. – 1994. – P. 17 – 19.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ И ВОЛОЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОВЫГОДНОГО ПАРТНЕРСТВА ОАО “НКАЗ” И АО “ЕВРАЗ ЗСМК”

Иванкина И. В., Густова Д. О., Вахроломеев В.А.

Научный рекоординатор: д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ivankina-2013@mail.ru*

Современная ситуация в мире характерна недружескими санкциями по отношению к России со стороны ряда государств и, в частности ее алюминиевой промышленности. В сложных политических и экономических условиях необходимо более тесно использовать партнерские отношения между предприятиями металлургической отрасли. В статье показана возможность взаимовыгодного партнерства в освоении новых видов высокомаржинальной продукции между ОАО “Новокузнецкий алюминиевый завод” и АО “ЕВРАЗ ЗСМК”.

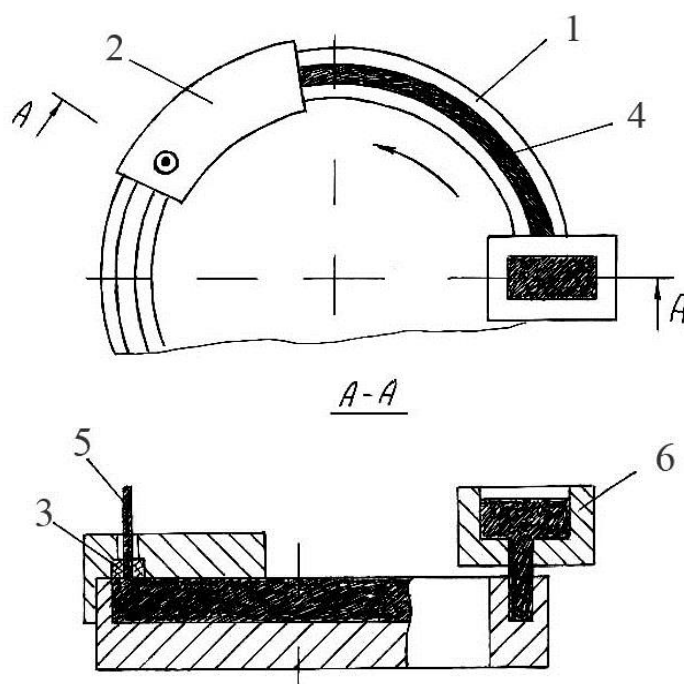
Ключевые слова: взаимовыгодное партнерство, процесс литья-прессования, волочение проволоки.

В настоящее время ОАО “Новокузнецкий алюминиевый завод” (ОАО “НКАЗ”) выпускает продукцию низкого передела в виде слитков. Согласно объективным законам экономики, чем глубже переработка, тем выше прибыль предприятия. В связи с применяемыми санкциями в отношении России со стороны ряда стран наблюдается избыток алюминия низкого передела. Данная ситуация требует решения, в связи с чем правительство России поставило задачу увеличения выпуска алюминиевых профилей более высокого передела и, в особенности проволоки, для внутреннего потребления. Пересматриваются нормативы по использованию алюминиевой проволоки для бытовых нужд, что существенно расширит рынок сбыта, и вызовет необходимость в короткий срок нарастить производство проволоки. Второе направление связано с освоением новых профилей из алюминия и его сплавов с высокими эксплуатационными свойствами.

Для решения важной государственной задачи по расширению выпуска готовой продукции из алюминия и его сплавов целесообразно объединить усилия ОАО “НКАЗ” и АО “ЕВРАЗ ЗСМК”. Взаимовыгодное партнерство двух ведущих предприятий позволит использовать резервное оборудование сталепрокатного производства АО “ЕВРАЗ ЗСМК” для обработки волочением алюминиевой заготовки ОАО “Новокузнецкий алюминиевый завод”.

Как было отмечено выше, в настоящее время основной продукцией ОАО “НКАЗ” является алюминий в слитках. Для создания условий партнерского взаимодействия с АО “ЕВРАЗ ЗСМК” необходимо организовать полу-

чение на ОАО “НКАЗ” круглой заготовки диаметром от 9 до 12 мм. Решение данной задачи в кратчайший срок с минимальными затратами возможно за счет использования современных совмещенных процессов литья-прессования способом “Конформ” [1, 2] или прокатки-прессования [3, 4]. Оба процесса основаны на использовании сил трения для формоизменения металла и достаточно хорошо описаны в работах [5, 6]. Способ “Конформ” может использовать в качестве заготовки отливки квадратного и прямоугольного сечения, причем внутренняя пористость, литейные дефекты, колебания размеров сечения заготовки не оказывают влияния на качество продукции. Такая особенность связана с большой величиной суммарной деформации и соответственно значительными коэффициентами вытяжки, которые имеют место при формоизменении. Процесс прокатки-прессования более чувствителен к качеству заготовки и требует использования энергоемкого оборудования. С учетом условий и специфики ОАО “НКАЗ”, критически оценивая процесс литья и непрерывного прессования способом “Конформ” и прокатки-прессования, следует отдать предпочтение первому процессу. Схема установки, реализующей процесс литья и непрерывного прессования способом “Конформ”, приведена на рисунке 1.



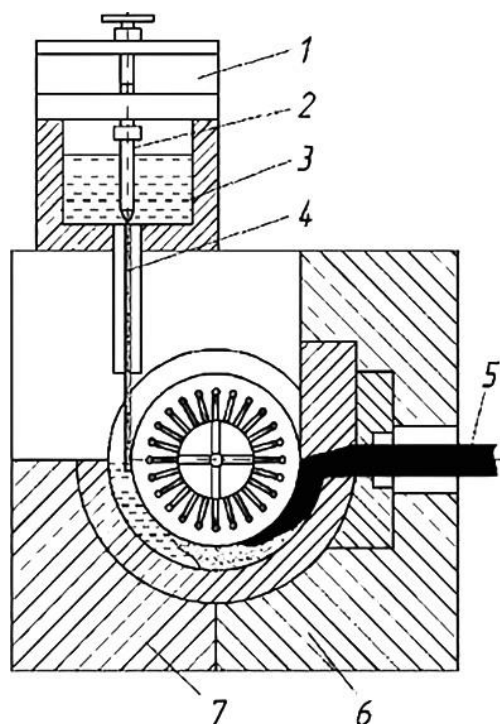
1 – рабочее колесо – кристаллизатор; 2 – башмак; 3 – матрица;
4 – литейная канавка; 5 – готовое изделие; 6 – литниковая коробка

Рисунок 1 Схема агрегата литья и непрерывного прессования “Конформ”

Готовая продукция получается из расплава, заливаемого в литейную коробку и литейную канавку. По мере вращения рабочего колеса-кристаллизатора расплав кристаллизуется и попадает в объем, ограниченный с одной стороны стенками желоба, с другой - башмаком с упором. Благодаря

контактным силам трения на поверхности желоба создаются условия, обеспечивающие процесс прессования. Меняя матрицу, можно получить заготовки разного диаметра. Производительность установки зависит от диаметра рабочего колеса-кристаллизатора, мощности привода, диаметра получаемой заготовки и составляет 2 - 3 тонны в час.

Вторая возможная схема реализации литья и непрерывного прессования способом “Конформ” показана на рисунке 2.



- 1- промежуточный ковш; 2- дозатор; 3 – расплав; 4 – поток металла;
5 – готовый профиль; 6- башмак; 7 – область кристаллизации

Рисунок 2 Схема агрегата литья и непрерывного прессования

Обе схемы одновременно совмещают процессы литья и непрерывного прессования, что позволяет существенно уменьшить площади, занимаемые оборудованием, и исключить операцию нагрева под деформирование. Возможна и третья схема, разделяющая операции получения заготовки литьем, и последующее деформирование до заданных размеров. Основной недостаток такого решения - это увеличение производственной площади, необходимость подогрева перед деформированием. Из рассмотренных схем наибольший интерес представляют первая и вторая схемы. Оборудование для реализации выбранных схем получения круглых заготовок непрерывным прессованием способом “Конформ” можно приобрести у зарубежных фирм в среднем по цене 1,5 млн. долларов за установку. Особенность установок “Конформ” состоит в простоте перехода с профиля на профиль, которая заключается только в замене матрицы. Благодаря большой суммарной деформации

заготовки можно получать профили сложного поперечного сечения, что позволит расширить сортамент готовой продукции ОАО «НКАЗ».

Дальнейшую переработку полученной в условиях ОАО «НКАЗ» непрерывным прессованием круглой заготовки диаметром 9 – 12 мм целесообразно осуществлять с использованием оборудования сталепрокатного производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Такое решение позволит существенно сократить расходы на освоение производства алюминиевой проволоки, загрузить простаивающие волочильные станы, воспользоваться опытом инженерного и обслуживающего персонала. Перевести оборудование с волочения стальной проволоки на алюминиевую потребует незначительного изменения технологии, заключающейся в исключении операции удаления окалины и замены твердой смазки на жидкую. Сопротивление деформации алюминия в 4 – 5 раз меньше, чем стали, что с одной стороны обеспечивает большой запас по прочности оборудования и мощности привода, с другой - позволит использовать прогрессивную технологию волочения в роликовых волокнах. Как показала практика, использование роликовых волок увеличивает стойкость рабочего инструмента, расширяет сортамент продукции за счет профилей, по форме отличных от круга.

Стратегическая схема взаимодействия ОАО «НКАЗ» и АО «ЕВРАЗ ЗСМК» показана на рисунке 3.

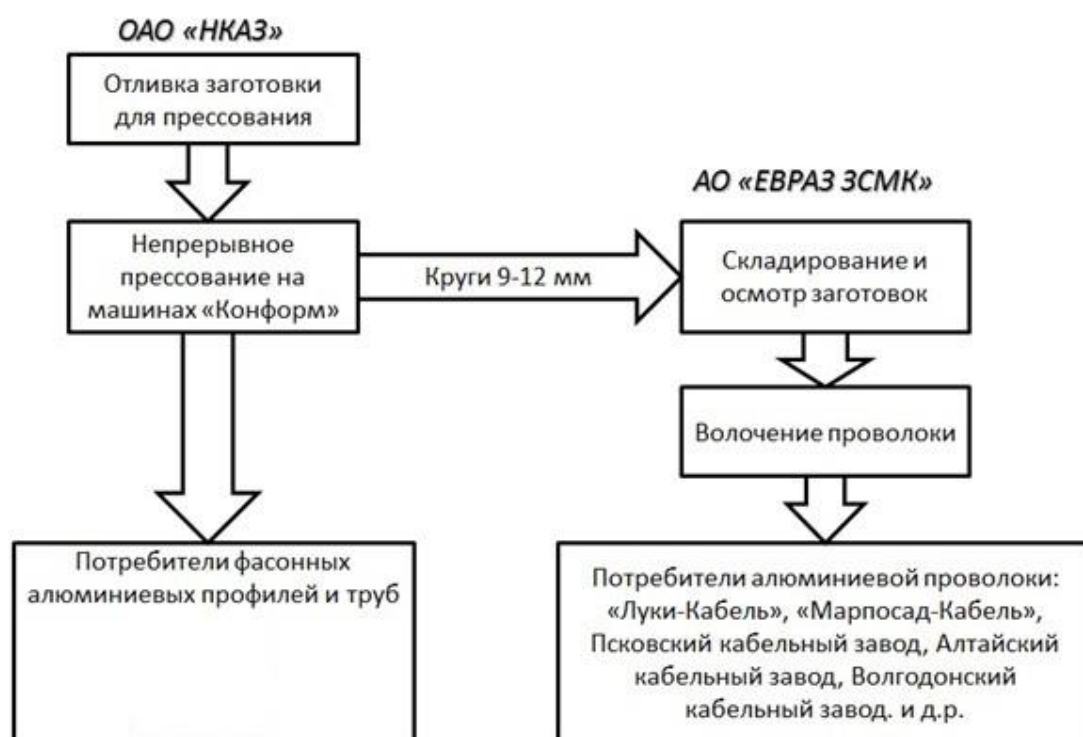


Рисунок 3 - Стратегическая схема взаимодействия ОАО «НКАЗ» и АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Экономическая эффективность от сотрудничества ОАО “НКАЗ” и АО “ЕВРАЗ ЗСМК” заключается в высокой добавочной стоимости алюминиевой проволоки. Оценить экономическую эффективность можно пользуясь общедоступными источниками в интернете, согласно которым стоимость алюминия в слитках (или чушках) 88 – 114 тыс. рублей за тонну, а стоимость алюминиевой проволоки диаметром от 2 до 5 мм - 280 тыс. рублей за тонну. С учетом стоимости передела, обычно составляющей 30% от стоимости заготовки, экономическая эффективность составит 150 тыс. рублей за тонну, а экономический эффект 1581,6 млн. рублей в год. С учетом затрат на оборудование и его монтаж срок окупаемости с учетом кредитной ставки составит 0,18 года (2,2 месяца).

Выводы: За счет использования технологий непрерывного прессования и волочения появилась возможность взаимовыгодного партнерского сотрудничества ОАО “НКАЗ” и АО “ЕВРАЗ ЗСМК” в освоении новой высокомаржинальной продукции четвертого передела из алюминия и его сплавов.

Библиографический список

1. Фастыковский А.Р., Рыков К.В. Развитие способа непрерывного прессования “Конформ” // Всероссийская научно – практическая конференция. Металлургия: технологии, управление, инновации, качество. – Новокузнецк. СибГИУ. 2012. – С. 68 – 69.

2. Фастыковский А.Р., Селиванова Е.В., Федоров А.А. Совершенствование непрерывного прессования способом “Конформ”. “Металлургия: технологии, инновации, качество” XX Международная научно-практическая конференция. – Новокузнецк 15-16 ноября 2017. с. 169 – 172.

3. Fastykovskii A.R. Region for Extruding and Effective Deformation Modes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2011. – Vol. 52 – №3. – pp. 230 – 233.

4. Фастыковский А.Р. Экспериментальное изучение процесса прокатки – прессования // Кузнечно – штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2010. - №11. – С. 11 – 14.

5. Фастыковский А.Р., Перетягко В.Н. Изучение закономерностей изменения величины резервных сил трения очага деформации при прокатке // Известия вузов. Черная металлургия. – 2001. - № 12. – С. 5 – 8.

6. Фастыковский А.Р., Перетягко В.Н. Изучение резервных сил трения при прокатке в вытяжных калибрах // Известия вузов. Черная металлургия. – 2002. - № 4. – С. 22 – 24.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Курбангалеев Д.К.

Научный реководитель: д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: Dmitry.Kurbangaleev@evraz.com*

Развитие горнодобывающей и перерабатывающей отраслей промышленности привело к увеличению объемов производства мелющих шаров, что потребовало интенсификации процесса прокатки и расширения сортамента продукции. Стальные мелющие шары производятся путем поперечно-винтовой прокатки на шаропрокатных станах. Деформация металла на этих станах производится в валках с винтовыми калибрами. Прокатка шаров осуществляется из шаровой заготовки с максимальной длиной 6м. Предлагается для снижения затрат, расходного коэффициента и себестоимости продукции увеличить исходную длину заготовки на 0,3 м до 6,3 м. Предложены мероприятия для внедрения инициативы. Оценена эффективность предлагаемого решения.

Ключевые слова: шаропрокатный стан, снижение энергозатрат, увеличение длины заготовки, процесс прокатки.

Металлургия - одна из наиболее энергоемких отраслей экономики, так как потребляет 90% добываемого коксующегося угля, 50% производимой электроэнергии, 25% добываемого природного газа, что является причиной высокой доли энергетических затрат в себестоимости черной металлургии - до 20-25%. Эти показатели значительно превышают аналогичные показатели в металлургии развитых зарубежных стран. За последние десять лет они удвоились из-за непрерывного роста цен практически на все энергоносители и недостаточности принимаемых мер по снижению энергоемкости производимой продукции в отрасли.

В условиях возрастающей конкуренции в отрасли снижение цен на энергоемкую металлопродукцию за счет оптимизации потребления энергетических ресурсов и уменьшения энергетической составляющей издержек себестоимости производства является одним из важнейших факторов, определяющих финансово-экономическое состояние металлургических предприятий и их рыночную позицию. Данная важная задача может решаться двумя способами – разработкой принципиально новых технологий [1 - 3] и поиском скрытых резервов, позволяющих снизить энергозатраты. В статье рассматривается второй путь связанный с поиском скрытых резервов, нетрадиционных решений применительно к условиям шаропрокатного производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Действующий шаропрокатный стан №2 АО «ЕВРАЗ – ЗСМК» предназначен для производства мелющих шаров диаметром от 40 мм до 100 мм способом горячей винтовой прокатки [4].

Производство шаров начинается с прокатки круглых заготовок с таким же диаметром, что и у конечного продукта. Заготовка, длиной 6 м после предварительного нагрева до температуры прокатки (880 – 1050°С) деформируется путем прохождения через прокатную клетку, оснащенную двумя спиральными калиброванными валками вращающихся в одном направлении, расположенными под небольшим углом (2 - 7°) один к другому и к оси заготовки. Заготовки поставляются партиями. Партия состоит из заготовок одной марки стали, одной плавки и одного диаметра. В зависимости от темпа прокатки и сечения нагреваемой заготовки температурный режим печи устанавливается в соответствии с определенной температурой. Темп прокатки определяется числом оборотов двигателя стана и интервалом выдачи заготовок, который задается оператором поста управления стана. После горячей деформации шары проходят термическую обработку, включающую подсуживание шаров после прокатного стана на ковшевом конвейере, закалку в шнековом барабане и само-отпуск в термосах емкостью 8 т [4 - 7].

Для снижения энергозатрат на тонну продукции и снижения расходного коэффициента предлагается использование шаровой заготовки увеличенной длины.

В действующих условиях шаропрокатный стан спроектирован для прокатки заготовки длиной не более 6,0 м. При внедрении предложенного мероприятия необходимо увеличение ширины раскатного поля и рольганга выдачи заготовки из печи. Ширина раскатного поля и рольганга выдачи заготовки из печи составляет 6,1 м. С учетом расположения оборудования были проведены замеры, которые показали на какую величину возможно максимально увеличить ширину раскатного поля и рольганга. Максимальная ширина составила - 6,45 м. Тем самым, чтобы заготовка могла свободно продвигаться к прокатной клетке, не упираться в боковые стенки раскатного поля и не загibasья при транспортировке, целесообразное увеличение длины заготовки составляет 0,3 м.

Работы, которые необходимо выполнить, а именно: увеличение раскатного поля на 0,35 м и обрезание упора рольганга на 0,25 м, без потери производства, рекомендуется проводить в капитальный ремонт или в простое без газа. При выполнении этих работ появляется возможность прокатывать заготовку длиной 6,3 м.

При прокатке заготовки увеличенной длины прогнозируется снижение энергоресурсов на 1 тонну продукции. Объем металла загружаемого в печь увеличится за счет увеличения длины заготовки, а расход газа останется на том же уровне. Тем самым расход природного газа уменьшится на 3,63 м³ для 1 тонны продукции. Прогнозируемые данные по снижению энергоресурсов на 1 тонну продукции приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет снижения энергоресурсов

План производства, тыс.т		Баланс газа, тыс.м ³ /год	Расход, м ³ /т
Текущий	34,175	3 171,0	92,4
Целевой	35,883	3 171,0	88,77
		Отклонение:	3,63

Снижение затрат топлива на 3,63 м³/т позволит снизить статью затрат на энергоресурсы и, соответственно, повлияет на себестоимость готовой продукции и ее конкурентоспособность на рынке. Экономический эффект от предлагаемого мероприятия можно определить исходя из объема производства шаров заложенного в программе на 2020 год в 69455 тонн. С учетом цен а условное топливо годовой экономический эффект составит 1,64 млн. рублей. Необходимые затраты на реализацию мероприятия составят порядка 0,85 млн. рублей. Таким образом срок окупаемости предлагаемого решения не превысит 6-ти месяцев.

Выводы. Рынок мелющих шаров является востребованным и высоко маржинальным. Таким образом, на основе проведенных замеров предложено мероприятие для возможности прокатки заготовки увеличенной длины – 6,3 м, что позволит снизить энергозатраты на 1 тонну продукции и расходный коэффициент. Потенциальный экономический эффект при внедрении инициативы составляет 1,64 млн.руб./год, срок окупаемости предлагаемых решений не превысит шести месяцев.

Библиографический список

1. Фастыковский А.Р. К вопросу о процессе прокатки – прессования // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. - № 2. – С. 67 – 70.
2. Fastyskovskii A.R. Region for Extruding and Effective Deformation Modes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2011. – Vol. 52 – №3. – pp. 230 – 233.
3. Фастыковский А.Р. К вопросу продольного разделения полосы непрерывными устройствами в потоке прокатного стана // Производство проката. – 2009. - №3. – С. 4 – 9.
4. Специальные прокатные станы / А.И. Целиков, М.В. Барбарин, М.В. Васильчиков и др. – М.: Металлургия, 1971. – 336с
5. Поперечная прокатка в машиностроении / В.С. Смирнов, В.П.Анисифоров, М.В. Васильчиков и др. – М.: Машгиз, 1957. – 376 с
6. Производство стальных мелющих шаров на шаропркатном стане №2 ЕВРАЗ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ; разраб. ГРПБ, ОТК, ШПЦ - Новокузнецк, 2018 - 41с. - ТИ 899-ШПЦ-02-2018.
7. Рубцов В.Ю. Освоение производства мелющих шаров пятой группы твердости в условиях АО «ЕВРАЗ – НТМК»/В.Ю. Рубцов, О.И. Шевченко // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018.- №13. – С. 20 – 22.

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Курбангалеев Д.К.

Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: Dmitry.Kurbangaleev@evraz.com*

Развитие горнодобывающей и перерабатывающей отраслей промышленности привело к увеличению объемов производства мелющих шаров, что потребовало интенсификации процесса прокатки и расширения сортамента продукции. Стальные мелющие шары производятся путем поперечно-винтовой прокатки на шаропрокатных станах. Деформация металла на этих станах производится в валках с винтовыми калибрами. Шары стальные по-мольные производятся согласно ГОСТ 7524-2015 и имеют отклонения в соответствии с условным диаметром. Прокатываемая в соответствии с ГОСТ 2590 – 2006 в сортопрокатном и среднесортном цехах АО «ЕВРАЗ ЗСМК» заготовка диаметром 30,40,50,60 мм по факту поступает в цех с отклонениями в наименьшую сторону, тем самым снижается производительность шаропрокатных станков. Предлагается для увеличения производительности станков использовать заготовку диаметром 31, 41, 52, 62 мм. Предложены мероприятия для внедрения инициативы. Оценена эффективность предлагаемого решения.

Ключевые слова: шаропрокатный стан, увеличение производительности, калибровка, процесс прокатки, шаровая заготовка.

Действующие шаропрокатные станы АО «ЕВРАЗ – ЗСМК» предназначены для производства мелющих шаров диаметром от 30 мм до 100 мм способом горячей винтовой прокатки [1].

Производство шаров начинается с прокатки круглых заготовок с таким же диаметром, что и у конечного продукта. Заготовка после предварительного нагрева до температуры прокатки (880 – 1050°С) деформируется путем прохождения через прокатную клеть, оснащенную двумя спиральными калиброванными валками вращающихся в одном направлении, расположенными под небольшим углом (2 - 7°) один к другому и к оси заготовки. Заготовки поставляются партиями. Партия состоит из заготовок одной марки стали, одной плавки и одного диаметра. В зависимости от темпа прокатки и сечения нагреваемой заготовки температурный режим печи устанавливается в соответствии с определенной температурой. Темп прокатки определяется числом оборотов двигателя стана и интервалом выдачи заготовок, который задаётся оператором поста управления стана. После горячей деформации шары проходят термическую обработку, включающую подстуживание ша-

ров после прокатного стана на ковшевом конвейере, закалку в шнековом барабане и само-отпуск в бункерах и термосах емкостью 8 т [1,3].

Увеличение спроса на рынке мелющих шаров, привело к необходимости увеличения производства шаров, а, следовательно, увеличению производительности стана [4].

В настоящий момент производство шаров осуществляется согласно ГОСТ 7524-2015 с наименьшими предельными отклонениями от номинального диаметра шара, из заготовок сортопрокатного и среднесортного цехов АО «ЕВРАЗ ЗСМК» диаметром 30, 40, 50, 60 мм согласно ГОСТ 2590 – 2006, так же с наименьшими предельными отклонениями от номинального диаметра заготовки, тем самым снижается производительность шаропрокатных станов. Предельные отклонения шаров от номинального диаметра приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1 – Предельные отклонения шаров от номинального диаметра

Условный диаметр, мм	Номинальный диаметр, мм	Отклонения, мм
30	31,5	± 2
40	41,5	± 2
50	51,5	± 3
60	61	± 3

Для увеличения производительности шаропрокатных станов, а именно: производства шаров с максимальными допусками, предлагается производить прокатку шаров из заготовок диаметром 31, 41, 52, 62 мм. Вес заготовки увеличится, а, следовательно, увеличится и вес шара при прокатке, тем самым время, затрачиваемое на прокатку шаров, не изменится. Параметры изменения веса шаровой заготовки и веса шаров, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры изменения веса шаровой заготовки и шаров

Диаметр, мм	Вес шара, кг			Вес погонного метра заготовки, кг		
	База	Прогноз	Отклонение	База	Прогноз	Отклонение
30	0,128	0,136	0,008	5,00	5,34	0,34
40	0,294	0,308	0,014	9,86	10,35	0,49
50	0,58	0,601	0,021	15,41	16,03	0,62
60	0,98	1,011	0,031	22,19	22,93	0,74

Опытная прокатка шаров на валках с калибровкой для диаметра 40 мм из заготовки, увеличенной в диаметре, показала большие статистические нагрузки на валки, большой расход металла, увеличенный износ валков и, тем самым, снижение качества поверхности шара. Для решения этой проблемы предлагается разработка калибровки валков для диаметров 31, 41, 52, 62 мм, что позволит выпускать востребованную продукцию с максимальными допусками. Годовое производство шаров диаметром 30, 40, 50, 60 мм, заложенное в бюджет 2020 года составляет 69455 т. При внедрении предлагаемой инициативы ожидается увеличение производства шаров на 6,1%.

Прогнозируемые данные по увеличению производительности станов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Расчет увеличения объема производства

Диаметр шара, мм		Бюджет 2020г., т	Производительность, т/ч База	Производительность, т/ч Прогноз	ФРВ, ч/год База	ФРВ, ч/год Прогноз	Отклонение, ч/год
ШПС-1	30	2640	2,5	2,67	1056	988,8	67,2
	40	34933	5,72	6,0	6107,2	5822,2	285
	Итого:	37573				Итого:	352,2
ШПС-2	40	10613	2,68	2,81	3960,1	3776,9	183,2
	50	5291	4,4	4,58	1202,5	1155,2	47,3
	60	15978	6,7	6,92	2384,8	2309	75,8
	Итого:	31882				Итого:	306,3

При прокатке шаров из шаровой заготовки с максимальными допусками высвобождается 658,5 ч/год. При переводе высвободившего фонда рабочего времени (ФРВ) на самую востребованную и маржинальную продукцию объем производства шаров увеличится на ШПС-1 – 2113,2 т/год для шара диаметром 40 мм, на ШПС-2 – 2119,6 т/год шара диаметром 60 мм. Потенциальный экономический эффект для комбината, с учетом прокатки шаровой заготовки вместо арматуры в сортопрокатном и среднесортным цехах, составляет – 53,6 млн.руб./год.

Выводы. Рынок мелющих шаров является востребованным и высоко маржинальным. Таким образом, на основе проведенного анализа и опытной прокатки шаров предложено техническое решение, позволяющее повысить производительность шаропрокатного цеха за счет прокатки шаров с максимальными допусками, что, в свою очередь, позволит увеличить объем выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Производство стальных мелющих шаров на шаропрокатном стане №2 ЕВРАЗ ОБЪЕДИНЕННЫЙ ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ; разраб. ГРПБ, ОТК, ШПЦ - Новокузнецк, 2018 - 41с. - ТИ 899-ШПЦ-02-2018.
2. Специальные прокатные станы / А.И. Целиков, М.В. Барбарин, М.В. Васильчиков и др. – М.: Металлургия, 1971. – 336с.
3. Поперечная прокатка в машиностроении / В.С. Смирнов, В.П.Анисифоров, М.В. Васильчиков и др. – М.: Машгиз, 1957. – 376 с.
4. Рубцов В.Ю., Шевченко О.И. Освоение производства мелющих шаров пятой группы твердости в условиях АО «ЕВРАЗ – НТМК» // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018.- №13. – С. 20 – 22.
5. ГОСТ 7524 – 2015 Шары мелющие стальные для шаровых мельниц

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ

Чудов А.Е., Хузин А.М.

Научный реководитель: д-р техн. наук, доцент Фастыковский А.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: aleshkazevs@mail.ru*

Рассмотрены дефекты, возникающие в процессе эксплуатации трамвайных рельсов. Выявлены недостатки технологии производства трамвайных рельсов, которые существенно влияют на эксплуатационные характеристики и приводят к снижению их стойкости. Для улучшения качества трамвайных рельсов предложено проводить термоупрочнение головки рельса с прокатного нагрева. Приведена принципиальная конструкция устройства реализующего упрочнение головки трамвайного рельса и режимы обработки.

Ключевые слова: Трамвайный рельс, термоупрочнение, охлаждающая среда, режимы обработки.

Поступательное развитие современного производства постоянно требует совершенствования базовых отраслей промышленности, в особенности - металлургии и ее заключительной стадии обработки металлов давлением. Появляются новые технологии обработки металлов давлением [1-5] и, соответственно, новая продукция с улучшенными потребительскими качествами.

Сортамент металлургической продукции ориентирован на различные отрасли промышленности: такие, как машиностроение, строительство, транспорт. Все перечисленные отрасли промышленности предъявляют к металлопродукции высокие требования и, в особенности, к транспортному металлу, основным профилем которого является рельс. Если железнодорожные рельсы достаточно хорошо изучены и для улучшения их качества проводится большая работа, то трамвайные рельсы как-то не заслуженно забыты. Объем производства и потребления трамвайных рельсов относительно железнодорожных не велик, вес подвижного состава не сопоставим с железнодорожным транспортом и, казалось бы, трамвайный рельс может работать вечно, и дополнительные затраты на улучшение его качества не оправданы. Однако такая точка зрения ошибочна. Во-первых-трамваи перевозят людей, безопасность которых является приоритетной задачей, во-вторых-трамвайные рельсы не вечны, подвергаются интенсивному износу ввиду низкого качества головки рельса. На рисунке 1 показаны виды износа головки трамвайного рельса, которые, как правило, являются причиной схода трамваев.



Рисунок 1 – Дефекты поверхности катания трамвайных рельсов

В России трамвайные рельсы производят на современном рельсобалочном стане АО “ЕВРАЗ ЗСМК”. В качестве заготовки используется литой блюм, который прокатывается в реверсивном режиме в клетях ВD1 и ВD2. Окончательный профиль формируется в Тандем группе (рисунок 2). Полученный трамвайный рельс разрезается на части и после охлаждения поступает на участок окончательной отделки, где обрабатываются торцевые поверхности и сверлятся отверстия. Действующая технология не предусматривает дополнительной, упрочняющей головку рельса, обработки поверхности катания трамвайного рельса. Такое положение дел приводит к дефектам, показанным на рисунке 1 и вызывает необходимость повышения стойкости трамвайных рельсов.

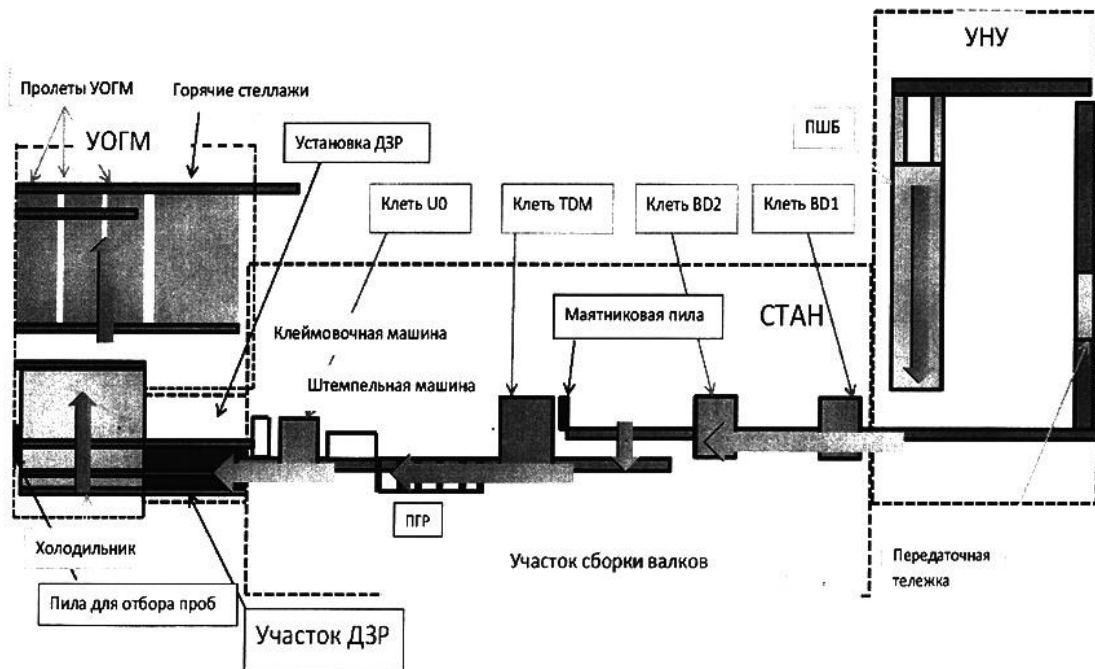


Рисунок 2 – Схема расположения оборудования рельсобалочного стана АО “ЕВРАЗ ЗСМК”

Одним из перспективных путей решения задачи повышения стойкости поверхности катания трамвайного рельса является термообработка с прокат-

ного нагрева. Такая технология отработана для железнодорожных рельсов и используется на ряде металлургических предприятий и, в частности, на АО “ЕВРАЗ ЗСМК”. Основной отличительной особенностью технологий упрочнения катающей поверхности рельсов, используемой на металлургических предприятиях, является разная охлаждающая среда. В качестве охлаждающей среды используется водо-воздушная смесь, полимерная среда и сжатый воздух. Проанализировав достоинства и недостатки используемых сред, предпочтение было отдано сжатому воздуху. Несмотря на то, что охлаждающая способность сжатого воздуха ниже, чем водо-воздушной смеси и полимерной среды он обладает следующими преимуществами: экологичен, доступен, не требует дополнительной утилизации и хранения, безопасен, обладает высокой стабильностью.

Для упрочнения поверхности катания трамвайного рельса с температуры конца прокатки сжатым воздухом предлагается модернизировать конструкцию существующего охлаждающего устройства, изменив форму верхней части, как это показано на рисунке 3.

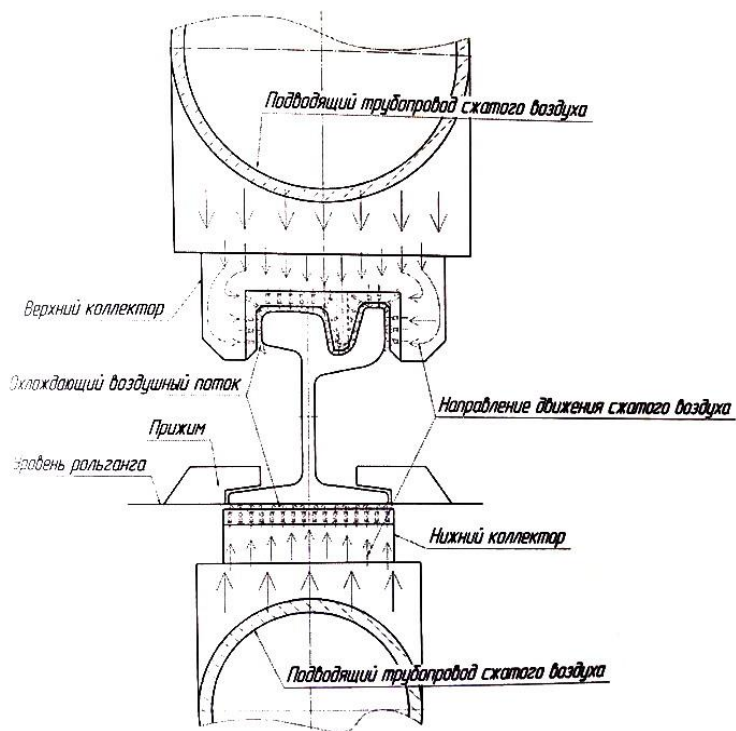


Рисунок 3 – Конструкция устройства для упрочнения поверхности катания трамвайного рельса потоками сжатого воздуха с температуры конца прокатки

Разработанная конструкция устройства для упрочнения поверхности катания трамвайного рельса потоками сжатого воздуха с температуры конца прокатки позволяет полностью обработать сложный профиль головки, требует минимальных затрат на изготовление.

Используя имеющийся на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» опыт по термоупрочнению железнодорожных рельсов, разработаны режимы для трамвайных рельсов при использовании в качестве охлаждающей среды сжатый воздух. Температура обработки 700...880⁰С, скорость охлаждения 2,0...3,3 ⁰С/с, время охлаждения 60...160 с.

Использование приведенного выше режима позволило сформировать в головке трамвайного рельса микроструктуру тонкопластинчатого перлита с незначительными выделениями феррита по границам зерен. Полученная структура обеспечила хорошие эксплуатационные свойства трамвайных рельсов.

Библиографический список

1. Фастыковский А.Р. Оценка возможностей процесса прокатки – прессования // Кузнечно – штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2004. - №2. – С. 3 – 6.
2. Фастыковский А.Р. К вопросу о процессе прокатки – прессования // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. - № 2. – С. 67 – 70.
3. Fastykovskii A.R. Region for Extrolling and Effective Deformation Modes // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2011. – Vol. 52 – №3. – pp. 230 – 233.
4. Фастыковский А.Р. Область осуществимости процесса прокатки – прессования и эффективные режимы деформирования // Известия вузов. Цветные металлы. – 2011. - №3. – С. 26 – 29.
5. Фастыковский А.Р. Экспериментальное изучение процесса прокатки – прессования // Кузнечно – штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2010. - №11. – С. 11 – 14.

УДК 621.74

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА АК9пч МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

Зеневич А.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Сычев А.А.

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Князев С.В.,
канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: krookia@mail.ru*

Современное литейное производство должно быть оснащено передовыми технологиями, техникой и материалами, обладать значимым заделом для своего развития в будущем, что немислимо без использования новых литейных материалов, полученных с использованием нанотехнологий, и по-

вышенных качественных показателей готовой продукции.

Ключевые слова: силумины, металлургия, литейное производство, модифицирование, свойства.

В настоящее время в ДЛП АО «РУСАЛ Новокузнецк» производится сплав марки АК9пч(Na) для ОАО «КАМАЗ».

В качестве модификатора в этом сплаве используется натрий (Na). Натрий вводится в расплав при помощи кальцинированной соды (*кальцинированная сода* — то же, что карбонат натрия Na_2CO_3) или специального флюсового препарата марки ПРМ-3. У натрия, как модификатора, имеется несколько недостатков – ограниченное время действия, не более 40 мин, и высокий коэффициент угара.

Силумины (сплавы алюминия с кремнием) относятся к наиболее распространенным алюминиевым сплавам из-за хорошего сочетания технологических и эксплуатационных свойств.

Однако при литье силуминов в формы с невысокой скоростью охлаждения (песчаные и керамические формы, толстостенные отливки в кокиль) в структуре формируются грубые выделения кристаллов кремния в эвтектике, что не обеспечивает необходимый уровень механических свойств. Грубая форма кремния придает сплаву низкие пластические свойства, его разрушение идет по хрупкой фазе кремния при низком относительном удлинении 1-3 %.

Поэтому силумины, содержащие более 6% кремния (АК12, АК9пч, АК7 и др.) в целях измельчения выделений эвтектического кремния подвергают модифицированию введением в расплав поверхностно-активных элементов.

Для модифицирования макроструктуры и дендритов алюминия в расплавы вводят элементы, образующие с компонентами сплава (основой сплава) тугоплавкие, преимущественно, инерметаллидные соединения типа TiAl_3 , ZrAl_3 , TiB и др.

В результате модифицирования эвтектики поверхностно-активными элементами пластинчатая форма кристаллов кремния переходит в компактно-дисперсную. Помимо влияния модификатора, дисперсность кремния в эвтектике определяется скоростью охлаждения сплава.

Модифицирование способствует при кристаллизации измельчению структуры, изменению геометрии формы, размеров и распределения неметаллических включений, изменению формы эвтектических выделений, в целом улучшая механические свойства. Для микролегирования используют элементы, обладающие заметной растворимостью в твердом состоянии (более 0,1 ат. %), для модифицирования обычно служат элементы с ничтожной растворимостью (0,1 ат. %). Развитие модифицирования началось фактически с модифицирования силуминов, что позволило существенно повысить механические свойства (прочность, твердость, удлинение) отливок, в т.ч. предел прочности при растяжении в 1,14...1,55 раза и относи-

тельное удлинение в 2,2-6,5 раз. Существуют следующие теории модифицирования силуминов:

- происходит торможение роста зарождающихся кристаллов жидкой фазой (натрий), адсорбирующейся на их поверхности. Отмеченная теория является приоритетной;

- кристаллизация силумина проходит коллоидальную стадию с очень малым размером частиц твердой фазы. Добавка модификатора устраняет процесс коалесценции (укрупнения) частиц, тем самым обеспечивается получение мелкозернистой структуры.

Экспериментально было установлено снижение температуры эвтектического превращения при модифицировании (эффект переохлаждения). Модификаторы Na и K являются для силумина поверхностно-активными веществами, снижающими поверхностное натяжение на поверхности кристалл-жидкость и работу образования зародышей, адсорбируются на поверхности раздела, затрудняют диффузию и тормозят рост кристаллов кремния. Снижение поверхностного натяжения и работы образования зародышей должно было бы уменьшать переохлаждение. Заметное повышение переохлаждения при модифицировании натрием или калием связывают с повышением вязкости модифицированного расплава, лимитирующим диффузию атомов кристаллизующегося вещества и снижающим скорость роста кристаллов.

Кальций, натрий, калий и литий действуют на силумин отрицательно, если их присадка находится в сплаве в избыточном количестве против необходимого при модифицировании.

Качественно ускорение охлаждения и кристаллизации также способствует измельчению выпадающих кристаллов кремния, т.к. при быстром охлаждении уменьшается время диффузии к поверхности растущих кристаллов. Вместе с тем модифицирование добавками обеспечивает более сильный эффект измельчения структуры и повышения пластичности.

Применительно к силуминам следует учитывать различия теплофизических свойств компонентов эвтектики - алюминия и кремния. При медленном охлаждении скорости роста кристаллов алюминия и кремния отличаются незначительно и вырастают грубые кристаллы кремния, снижающие механические свойства отливки. При быстром охлаждении проявляется различие теплофизических свойств (у кремния теплопроводность ниже в 2,6 раза, теплота затвердевания выше в 3,5 раза). Это приводит к ускоренному росту кристаллов алюминия, которые обгоняют кристаллы кремния, окружают их ободками и тем самым обеспечивают уменьшение их размеров.

Под *модифицированием силуминов* подразумевают специальную обработку расплава, чтобы получить мелкозернистый эвтектический кремний в литой структуре. Такая структура *эвтектического кремния* повышает механические свойства отливки, в том числе, относительное удлинение, а также во многих случаях — литейные свойства алюминиевого расплава. Как правило, *модифицирование силумина* производят путем добавления малых

количеств натрия.

Модифицирование силуминов натрием

В силуминах с содержанием кремния более 7 % эвтектический кремний занимает большую часть площади металлографического образца. При содержании кремния от 7 до 13 % тип эвтектической структуры, например, зернистый или модифицированный, значительно влияет на механические свойства материала, в частности, на пластичность или на относительное удлинение. Поэтому, когда при испытании образца необходимо получить более высокое относительное удлинение, алюминиевые сплавы с содержанием кремния от 7 до 13 % подвергают модифицированию путем добавления приблизительно 0,0040-0,0100 % натрия (40-100 ppm).

Поскольку натрий выгорает из расплава относительно быстро, последующее модифицирование силуминов натрием должно производиться на литейном предприятии через определенные интервалы. В расплавах, модифицированных натрием, во всех операциях над расплавом не должны применяться материалы, содержащие хлор. Хлор реагирует со стронцием и натрием, выводит их из расплава и, тем самым, препятствует его модифицированию.

Модифицирование силуминов стронцием

В силуминах с содержанием кремния около 11 %, особенно для литья при низком давлении, в качестве долговременного модификатора применяют стронций. Отличие стронция от натрия как модификатора в том, что он значительно меньше выгорает из расплава, чем натрий. Стронция добавляют в количестве 0,014-0,040 % (140-400 ppm). Модифицирование стронцием обычно проводят на стадии производства чушек из соответствующих сплавов, поэтому на литейном предприятии модифицирование уже не производят. При низких скоростях охлаждения отливок модифицирование стронцием значительно менее эффективно и поэтому оно не рекомендуется к применению, например, при литье в песчаные формы.

Чтобы избежать выгорания стронция все обработки расплава, в том числе дегазацию, ведут без применения хлорсодержащих материалов, а с использованием, например, аргона или азота. Модификация стронцием не пропадает даже при переплаве возвратного металла, например, прибыльных частей отливок. При необходимости потери стронция восполняют добавками лигатуры, содержащей стронций, согласно инструкции поставщика исходных чушек из модифицированного сплава.

Модифицирование нанопорошками [1,2]

Широко применяемым методом повышения качества отливок является модифицирование металлов и сплавов различными добавками, влияющими на процесс кристаллизации отливки. На сегодняшний день специалистами выполняется большой объем исследований по данной тематике.

Совершенствование методов изготовления наноразмерных порошков привело к появлению нового направления исследований в области модифицирования. Наноразмерные порошки имеют отличные от массивного состоя-

ния вещества свойства. По этой причине в настоящее время ведется большое число исследований по влиянию нанодисперсных частиц на кристаллизацию расплава.

Применение модификаторов приводит к измельчению структуры металла на несколько порядков. Анализ микроструктуры модифицированных отливок показывает наличие в металле двух типов кристаллов – дендритных и полиэдрических. Для модифицированных отливок соотношение этих кристаллов незначительно отличается, в целом же структуры модифицированных отливок весьма схожи.

Модифицирование силуминов цирконием

Восстановленный из K_2ZrF_6 цирконий частично переходит в сплав, а частично реагирует с растворенным в сплаве водородом, образуя стойкие при температурах плавки гидриды циркония. Связывая водород в прочное соединение, цирконий способствует уменьшению газонасыщенности и уплотнению отливок. Цирконий активно поглощает водород уже при температуре 300-400 °С с образованием твердого раствора водорода в цирконии и гидридов циркония.

С другой стороны, так как растворимость циркония в твердом алюминии весьма мала, то при кристаллизации сплава частицы соединения $ZrAl_3$ будут выпадать из жидкого раствора и служить дополнительными центрами кристаллизации, а незначительные количества легирующего элемента циркония, перешедшего в твердый раствор, — способствовать повышению механических свойств сплава. Химическое соединение $ZrAl_3$ отлагается преимущественно по границе зерен твердого раствора в виде игл и звездочек темного цвета легко различаемых под микроскопом.

Цирконий улучшают пластичность сплава и уменьшают величину первичного зерна.

Цирконий, в последнее время, относят к распространенным модификаторам, что стало возможным благодаря разработке эффективных технологий извлечения циркония в процессе крупнотоннажных производств, а также из отходов и промышленных продуктов цветной металлургии с получением различных его соединений.

Высокая стоимость циркониевой продукции определяется сложным составом переработанного сырья, содержащего сотые и даже тысячные доли процента этого элемента, а также малыми объемами производства циркониевых соединений и в определенной мере – коммерческой конъюнктурой.

Благоприятный комплекс физико-химических свойств делает цирконий перспективным легирующим компонентом сплавов цветных металлов. Так, добавление 0,02–0,05 % (по массе) циркония увеличивает предел прочности алюминия более чем в 3 раза и обеспечивает высокую стабильность свойств при нагреве до 300°С.

Цирконий вводят в сплав с помощью лигатур, которые получают двумя основными способами: сплавлением чистых компонентов и восстановле-

нием легирующего металла из его соединений.

Прямое сплавление компонентов. Способ прямого сплавления алюминия и чистого циркония в индукционных печах применяют крайне редко. В жидкий алюминий вводят порошок циркония вместе с гранулированной алюминиевой крупкой в виде спрессованных брикетов.

Для получения чистой по примесям (железа и кремния < 0,2 %) алюминиево-циркониевой лигатуры применяют иодидный цирконий, который растворяют в расплаве алюминия при температуре 1100–1200 °С с одновременным его перемешиванием деревянными или вновь изготовленными и покрашенными огнеупорной краской стальными гребками. Извлечение циркония в расплав алюминия составляет 86 %, т.е. угар составляет 14 %.

Библиографический список

1. Наноматериалы на основе пористых литых металлов и способ их ввода в расплав/ Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И./ Литейное производство. 2019. № 9. С. 5-7.

2. Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И. Новая технология ввода наноматериалов в расплав на основе использования пористых литых материалов// Инновационные технологии в литейном производстве: сборник трудов научно-технической конференции МГТУ им. Н.Э. Баумана. Под общей редакцией К.А. Батышева, К.Г. Семенова. – М. : ИИУ МГОУ, 2019. С. 61-65.

УДК 621.7+621.9

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО (СТОЙКОСТЬ) СЕКЦИИ ПРЯМОЙ ГАЗОСБОРНОГО КОЛОКОЛА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Белов Д.Е., Зеневич А.В.
Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Князев С.В.,
канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: krookia@mail.ru*

Литые изделия из чугуна, применяемые в химико-металлургическом производстве, подвергаются газовой коррозии под воздействием агрессивных компонентов среды, разрушаются и выходят из строя. Одним из основных направлений повышения коррозионной стойкости чугуна является обоснование и разработка способов получения чугунных отливок, стойких в условиях высокотемпературной коррозии в среде анодных газов алюминиевого электролизера, на основе совершенствования технологии литья.

Ключевые слова: литье, чугун, дефекты, структура, электролизер, стой-

кость, коррозия.

На электролизерах с верхним токоподводом, срок службы системы газоудаления в первую очередь зависит от скорости износа газосборного колокола (ГСК).

ГСК состоит из прямых и угловых секций, которые навешиваются на пояс, установленный на «юбке» анодного кожуха.

В процессе эксплуатации, под воздействием высоких температур, агрессивных составляющих анодных газов и криолит-глиноземного расплава происходит их интенсивное коррозионное и механическое разрушение. При этом железосодержащие продукты коррозии и разрушения деталей ГСК попадают в расплав, что отрицательно влияет на сортность алюминия в электролизере. Также, нарушается герметичность системы газоудаления и увеличиваются выбросы вредных веществ в атмосферу.

Средний срок службы секций ГСК составляет 22 месяца и в том числе зависит от технологии их изготовления.

Анализ коррозионного износа чугунных секций ГСК под воздействием анодных газов при температуре ~ 600 °С показал, что они подвергается интенсивной газовой коррозии под воздействием анодных газов. Агрессивная парогазовая среда в электролизере формируется вследствие:

- протекания реакции газификации углерода;
- испарения серы, содержащейся в анодной массе, и образования сернистых газов;
- испарения фторидов металлов и их взаимодействия с имеющейся в системе влагой с образованием фтороводорода.

В результате химических реакций, протекающих на поверхности анода, которая контактирует с электролитом, образуются газы, следовательно, секции ГСК подвергаются одновременно воздействию кислорода, СО, СО₂, сернистого газа, паров серы и фтороводорода, образующегося в результате взаимодействия паров фтористых солей с влагой.

Таким образом, основным процессом, приводящими к разрушению газосборного колокола, изготовленного из серого чугуна, является окисление железа кислородом, газом SO₂ и парами серы. Одновременное образование оксидов и сульфидов железа не препятствует дальнейшей коррозии, так как формируется окалина с рыхлой структурой, не обладающая защитными свойствами.

Влияние легирования на коррозионную стойкость чугунных отливок известно. Анализ структурных и химических превращений, происходящих в процессе газовой коррозии чугунных отливок, позволяет сделать выводы относительно путей уменьшения скорости коррозионного разрушения и, следовательно, повышения стойкости чугунных изделий в газовой среде электролизера. Одним из направлений уменьшения скорости коррозионного разрушения должно явиться уменьшение протяженности межфазных границ

внутри материала отливки, то есть необходимо исключить наличие пластинчатых выделений графита. Этого можно достичь получением в чугуна шаровидного графита с использованием модифицирования магнием, что не исключает доступ агрессивных газов к поверхности изделий и возможность их диффузии по границам зерен. Альтернативой является легирование, приводящее не только к исключению пластинчатых выделений графита в структуре чугуна, но и к образованию поверхностных оксидных слоев на основе легирующего элемента, препятствующих коррозии. В связи с этим был выполнен сравнительный литературный анализ коррозионной стойкости чугунов, легированных различными добавками, в среде анодных газов с учетом того, что легирование более 7 массовых процентов хрома, алюминия или никеля приводит к существенному увеличению твердости чугуна, соответственно, снижению его технологичности при механической обработке, ухудшению литейных характеристик. Кроме того, принимался во внимание экономический фактор, так как легирование хромом и никелем значительно удорожает продукцию. С учетом этого наиболее перспективным является легирование чугуна кремнием, либо алюминием.

Кроме того, важнейшим фактором влияющим на коррозионную стойкость чугунных отливок является наличие в них внутренних литейно-технологических дефектов типа несплошность – газово-усадочная пористость и раковины, засоры [1,2].

Математическое моделирование конструкции и литейной технологии изготовления секций ГСК, исследования и анализ промышленной технологии, а также разрушающий и радиационный контроль их внутренней структуры, рисунок 1, показал, что отливка, при определенном сочетании технологических параметров ее изготовления склонна к образованию усадочной пористости [3,4,5], рисунок 2,3.

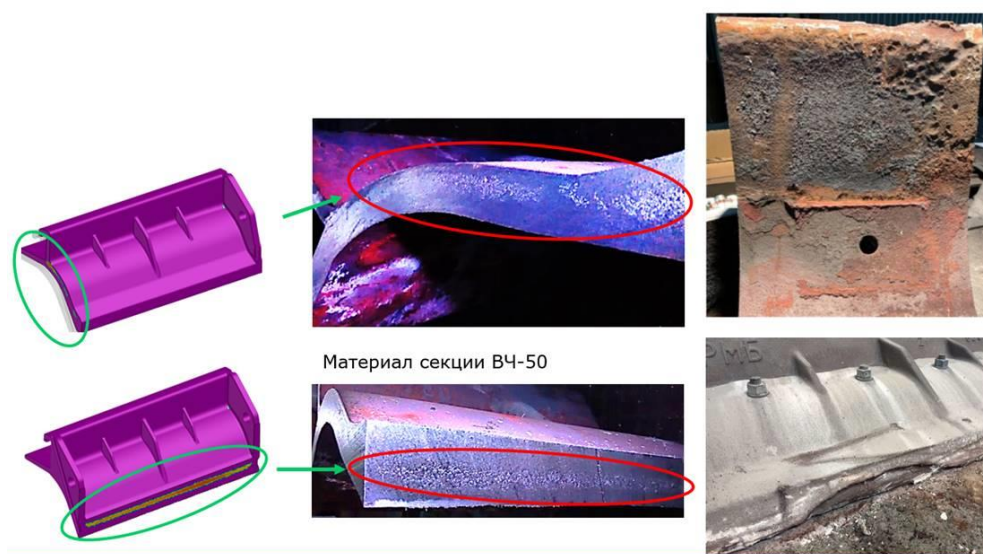


Рисунок 1 - Результаты моделирования конструкции и технологии изготовления секции ГСК

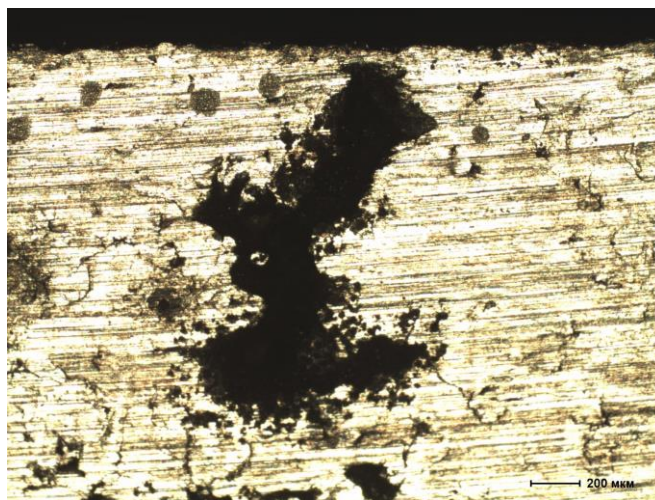


Рисунок 2 - Внешний вид пор на поверхности образца

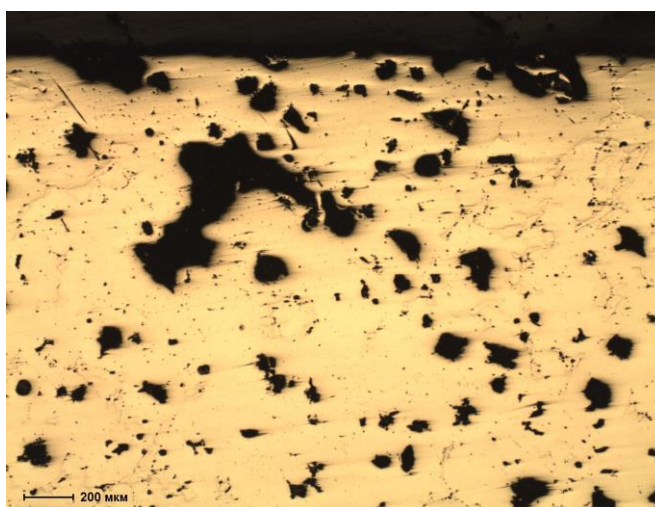


Рисунок 3 - Внешний вид пор на микрошлифе

Для избежания (устранения) образования внутренней усадочной пористости в чугунных отливках секций ГСК рекомендуется провести комплекс технологических мероприятий, который должен содержать в себе следующие пункты:

- изменить конструкцию литниково-питающей системы, оптимизировать температуру и время заливки отливки;
- использовать высококачественные шихтовые материалы с низким содержанием элементов, оказывающих вредное воздействие на микроструктуру отливок (Mn, S, Ni, V, Mo и др.) и с ограничением по собственному возврату;
- использовать более эффективный модификатор для вторичного графитизирующего модифицирования;
- сократить время между процессом модифицирования и заливкой чугуна в форму.

Библиографический список

1. Князев С.В., Антипенко В.И., Марчуков В.А., Усольцев А.А. Алгоритм диагностики дефектности отливок и структура АСУ их каче-

ством / Литейное производство, 1992, № 4. С.26-27.

2. Антипенко В.И., Князев С.В. Диагностика процесса изготовления стальных отливок с использованием технологических проб / Литейное производство, 1987, № 7. С.15-16.

3. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Куценко А.И. Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок / Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия. 2019;62(2). С.134-140.

4. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Чепрасов А.И. Программно-аппаратный комплекс системы анализа дефектности отливок // Прогрессивные технологии в современном машиностроении : сборник статей XII Международной научно-технической конференции. Под редакцией Е.А. Чуфистова. Пенза, 2017. С. 20-26.

5. Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В. Программно-аппаратное обеспечение комплексной автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок // Инновационные технологии в литейном производстве: сборник трудов научно-технической конференции МГТУ им. Н.Э. Баумана. Под общей редакцией К.А. Батышева, К.Г. Семенова. – М. : ИИУ МГОУ, 2019. С. 340-345.

УДК 621.7+621.9

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Прохоренко Д.А., Масалова Д.А., Гулидов А.А.,
Соколов Б.М., Оздобихина Н.В.**

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Князев С.В.,
канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: krookia@mail.ru*

Отдельные приборы и методы неразрушающего контроля, применяющиеся сегодня на предприятиях обладают должной информативностью и гарантируют выявление дефектов в сварных изделиях. Задача сплошного цифрового неразрушающего контроля сложных сварных изделий может быть решена комплексной системой с применением сканирующего радиационного интроскопа на базе циклического индукционного ускорителя электронов и ультразвуковой (вихретоковой) инфракрасной термографии.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, сварка, дефекты, металл, интроскоп, термография.

В настоящее время, согласно многочисленным исследованиям, выявлены однотипные дефекты в сварных изделиях. К ним относятся: неспай, горячие трещины, усадочные раковины и пористости, светлые газовые раковины, окисленные газовые раковины, неметаллические включения [1].

Часть дефектов (неспай, некоторые газовые раковины) в основном выявляется при разбраковке изделий методом визуального контроля. Поверхностные трещины выявляются магнитопорошковым методом.

Скрытые подповерхностные дефекты, типа усадочных раковин, микротрещин, часть газовых раковин, неметаллические включения, являющиеся причиной зарождения и развития усталостных трещин, поддаются выявлению только методами неразрушающего контроля (НК), используемыми на предприятии [2-5].

К этому следует добавить то обстоятельство, что отсутствие достоверной информации о дефектности изделий, не позволяет применять методики оценки влияния видов дефектов, их размеров и расположения на работоспособность изделий в течение всего срока их эксплуатации.

Для неразрушающего контроля наиболее опасных, с точки зрения образования усталостных трещин, дефектов на наш взгляд можно применить рентгеновский томограф.

В настоящее время промышленные радиографические системы и томографы довольно широко распространены на предприятиях, использующих их для отработки технологии производства ответственных изделий.

Среди технических характеристик систем радиационного контроля, особенно важных для НК крупногабаритных ответственных металлоконструкций сложной пространственной геометрии с существенной разнотолщинностью, можно выделить: предельные размеры объекта контроля (ОК), энергию источника излучения, предел пространственного разрешения внутри ОК, контрастную чувствительность, чувствительность к большим перепадам радиационных толщин, надежность, оперативность ремонта.

На рынке существует много предложений промышленных радиографических систем. В Японии: Toshiba IT & Control Systems, Hitachi, Shimadzu, Nikon Metrology; в Европе: немецкая фирма Phoenix; немецкая фирма YXLON International входящая в группу Comet; английская фирма X-Tek Systems; немецкая фирма RayScan Technologies; в США : North Star Imaging и ее подразделение X-View CT, фирма Varian Medical Systems; в России: ИНК ТПУ (Томск), ООО «Промышленная интроскопия» (Москва), МИРЭА (Москва).

Учитывая размеры и вес крупногабаритных ОК, можно сразу отметить, что ни один из вариантов выпускаемых в настоящее время в мире промышленных томографов не подходит для решения задачи НК для этих объектов. Среди существующих промышленных томографов только в томографе ИНК НИ ТПУ использован бетатрон (собственной разработки и производства) МИБ-9 с энергией 4-9 МэВ, позволяющий просвечивать ОК до 450мм. Одним из важнейших преимуществ бетатрона над другими высоко-

энергетическими источниками является размер фокусного пятна - 0.1-1.5 мм, что соответствует минифокусным аппаратам. ТПУ единственный в мире разработчик и производитель малогабаритных циклических ускорителей электронов – бетатронов.

Его основными элементами являются источник излучения с местной защитой и коллиматором, сканер и детекторная линейка. Источником излучения служит бетатрон с максимальной энергией 9 МэВ и мощностью дозы 13 Р/мин на расстоянии 1м от мишени. Частота импульса излучения равна 400 Гц. Сканер позволяет перемещать детали массой до 150 кг с регулируемой скоростью от 0,3 до 10 см/с. Активная длина сканера составляет 2,5м.

Линейка состоит из 864 отдельных детекторов, представляющих собой прямоугольный сцинтиллятор с наклеенным на его боковую сторону фотодиодом. Размеры сцинтиллятора в горизонтальном направлении сканирования 6 мм, вертикальном 4 мм, его длина равна 35 мм. Встроенная в модуль линейки электроника обеспечивает преобразование электрического импульса фотодиода, пропорционального поглощенной в сцинтилляторе за импульс энергии излучения в цифровой код с максимальной разрядностью 16 бит. После каждого импульса или с усреднением до 16 импульсов цифровые данные с каждого детектора передаются в пультовую на компьютер, который с помощью программного пакета формирует теневое изображение контролируемого объекта на экране монитора после полного цикла сканирования и имеет широкий набор функций по дополнительной обработке изображений.

Источник излучения и сканер разработаны и изготовлены ИНК ТПУ совместно с ООО «Фотон», программный комплекс написан сотрудниками ИНК, а линейка изготовлена московской фирмой «Диагностика-М».

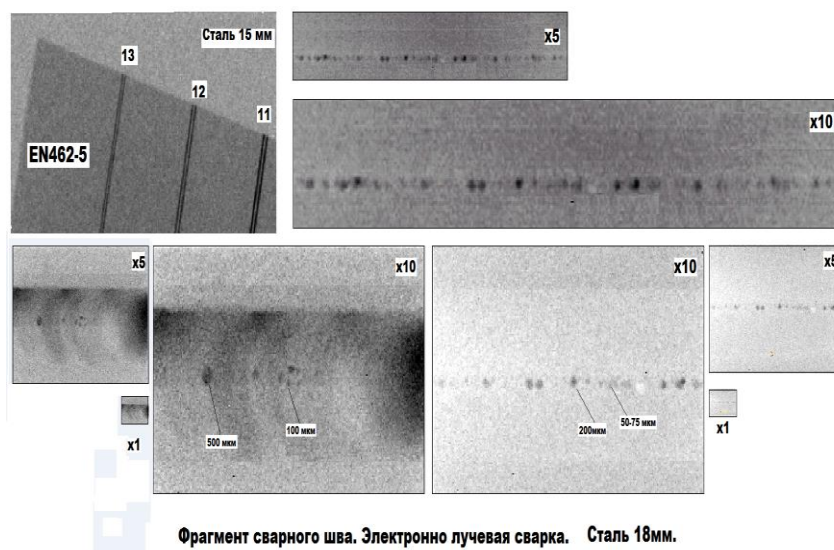


Рисунок 1 - Результаты полученные при НК фрагментов сварного шва ответственного изделия и индикатора чувствительности на фоне стальной пластины 15мм

Контроль сварных элементов с помощью радиационных интроскопов сканирующего типа легче других поддается автоматизации. Получение изображения с помощью интроскопа сканирующего типа в нескольких плоскостях и соответствующая математическая обработка позволяют получить исчерпывающую информацию о внутренней структуре сварных элементов (рисунок 1).

Для обнаружения трещин в массивных стальных сварных изделиях целесообразно использовать ультразвуковое и вихретоковое возбуждение, а также тепловизионный способ регистрации температуры, что в перспективе должно обеспечить их обнаружение и достоверный цифровой контроль дефектов типа «трещина».

Сущность предлагаемых методов состоит в следующем. Ультразвуковая (УЗ) инфракрасная (ИК) термография предусматривает локальное возбуждение импульсных или непрерывных ультразвуковых колебаний в объекте контроля с регистрацией температурного поля значительной части объекта контроля с помощью ИК тепловизора. Поверхностные и подповерхностные трещины проявляются в виде локальных аномалий температуры, вызванных эффектом внутреннего трения и механического гистерезиса. Основанием для данного метода явился положительный опыт по контролю композиционных материалов, а также зарубежный опыт по контролю металлов. Вихретоковая ИК термография использует индукционное возбуждение вихревых токов в металле, причем в зоне трещин температура повышается вследствие сгущения силовых линий электромагнитного поля (рисунок 2).

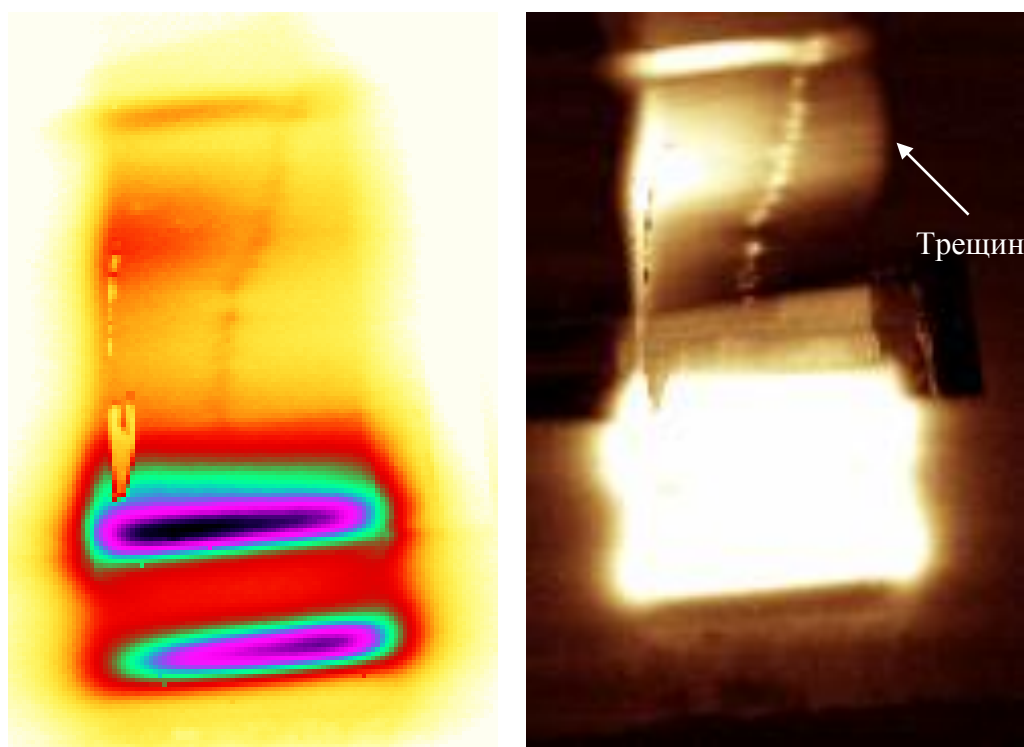


Рисунок 2 - Исходная термограмма сварного образца (слева) и после обработки (справа)

Возможность проведения НК свойств и состояний материалов, например, контроль сварных соединений в процессе сварки, нашел уже достаточно широкое применение при управлении производством. Своевременное обнаружение дефектов в процессе сварки позволяет оперативно проводить их исправление и корректировку процесса. При этом открывается возможность адаптивного управления технологическим процессом, то есть по данным НК можно управлять параметрами технологического процесса, а приборы НК становятся элементами системы управления процессами.

Кроме того, контроль методами НК дает возможность судить об изменении напряженно-деформированного состояния материала объекта, о процессах коррозии и других факторах, влияющих на долговечность конструкции, т.к. рассмотренные методы НК позволяют контролировать не только размеры дефектов, но и их местоположение и ориентацию. На основе методик технической диагностики, анализа состояния объекта контроля, данных НК, возможно осуществлять прогнозирование остаточного ресурса сварных изделий.

Система НК обеспечивает обнаружение и локализацию внутренних дефектов и трещин, а также позволяет осуществлять диагностику контролируемого сварного изделия и прогнозирование развития дефектов, то есть осуществляет предупреждение возникновения аварийных ситуаций (разрушений) на объектах путём своевременного обнаружения дефектов, их оценке, анализе и рекомендациях о сроках эксплуатации изделий.

Библиографический список

1. Knyazev S.V., Usoltsev A.A., Skopich D.V., Fatyanova E.A., Dolgopolov A.E. Automated system of control and diagnostics of cast-steel defects in the mass production // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 150. P. 1 -5 (012039).

2. Cheprasov A.I., Knyazev S.V., Usoltsev A.A., Dolgopolov A.E., Mam ed ov R.O. Detection of cold cracks in the cast-steels by the methods of ultrasonic and eddy-current infrared thermography // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 150. P. 1 -5 (012026).

3. Программно-аппаратный комплекс автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок / Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Куценко А.И. / Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия. 2019;62(2). С.134-140.

4. Князев С.В., Скопич Д.В., Фатьянова Е.А., Усольцев А.А., Чепрасов А.И. Программно-аппаратный комплекс системы анализа дефектности отливок // Прогрессивные технологии в современном машиностроении : сборник статей XII Международной научно-технической конференции. Под редакцией Е.А. Чуфистова. Пенза, 2017. С. 20-26.

5. Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В. Программно-аппаратное обеспечение комплексной автоматизированной системы неразрушающего контроля дефектности отливок // Инновационные технологии в литейном

производстве: сборник трудов научно-технической конференции МГТУ им. Н.Э. Баумана. Под общей редакцией К.А. Батышева, К.Г. Семенова. – М. : ИИУ МГОУ, 2019. С. 340-345.

УДК 669.715:539.21

ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ОБЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

**Абатурова А.А.¹, Шляров В.В.¹, Петрикова Е.А.², Тересов А.Д.²,
Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.¹,
д-р физ.-мат. наук, профессор Иванов Ю.Ф.²**

¹*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: abaturova372412@gmail.com,*

²*Институт сильноточной электроники СО РАН,
г. Томск, e-mail: elizmarkova@yahoo.com*

В работе выполнено модифицирование поверхности доэвтектического силумина АК10М2 электронным пучком, в режимах, различающихся плотностью энергии пучка электронов (10, 30 и 50) Дж/см² и длительностью импульсов (50 и 200) мкс. Показано, что износостойкость исследуемого материала, облученного интенсивным импульсным электронным пучком (50 Дж/см², 200 мкс.), превосходит износостойкость силумина в литом состоянии на 197%. Установлено, что максимальное увеличение микротвердости наблюдается при параметрах пучков электронов 30 Дж/см², 200 мкс и 50 Дж/см², 50 мкс, значения микротвердости для каждого из режимов составляют 860 МПа и 950 МПа соответственно. Значение микротвердости литого сплава равно 520 МПа. Сопоставление данных по микротвердости и износостойкости выявило их корреляцию.

Ключевые слова: силумин доэвтектический, импульсный электронный пучок, облучение, износостойкость, микротвердость.

Алюминиевые сплавы – наиболее широко используемые металлические конструкционные материалы, после железа и стали. Данные сплавы имеют потенциал для применения в авиационной, аэрокосмической, автомобильной, военно-морской, оружейной промышленности из-за их низкой плотности, высокой удельной прочности и хорошей коррозионной стойкости [1-3].

По своему составу, микроструктуре и технологическим характеристикам алюминиевые сплавы можно разделить на литые и деформируемые. Как правило, содержание легирующих элементов в литых алюминиевых сплавах составляет 10–12%, а в деформируемых – 1–2% (в некоторых случаях оно может достигать 6–8%). Силуминами называют сплавы, химический состав которых включает в себя алюминий и кремний. Они не подвергаются термо-

обработке, а могут быть упрочнены твердым раствором и процессами механической деформации.

В настоящее время детали из алюминиевых сплавов изготавливаются в основном традиционными методами, такими как литье,ковка,экструзия и порошковая металлургия [4]. Несмотря на то, что изделия из алюминиевых сплавов широко используются, все еще существует много проблем в процессе производства и их применения. Во-первых, низкая скорость охлаждения в процессе литья делает микроструктуру грубой, с множеством дефектов, которые снижают механические свойства деталей [5]. Во-вторых, процесс подготовки и формования компонентов с высокими эксплуатационными характеристиками состоит из большого количества операций, что приводит к длинной технологической цепочке с ограниченной гибкостью. Кроме того, с современными промышленными разработками, требования к структуре и рабочим характеристикам деталей постоянно возрастают. Например, для удовлетворения технических требований высокой теплопроводности, легкого веса и высокой удельной прочности систем тепловой защиты двигателей авиационно-космических аппаратов, обычно используют материалы, которые имеют решетчатую или ячеистую структуру. Интегральное формирование сложных конструктивных элементов не только сокращает время и количество используемых инструментов для изготовления и сборки компонентов малого и среднего размера, но также уменьшает вес и концентрацию напряжений, обычно связанные со сваркой и другими подходами соединения деталей [6-8]. Производство деталей из алюминиевого сплава с разнообразной структурой, высокой точностью размеров и формой, будет основной целью исследований и разработок в будущем.

Электронно-пучковая обработка считается одной из наиболее перспективных технологий обработки поверхности изделия для придания повышенных физико-технических характеристик, а также формирования уникальной структуры алюминиевых сплавов.

Целью настоящей работы являлся анализ изменений износостойкости и микротвердости поверхностного слоя образцов доэвтектического силумина, подвергнутого облучению интенсивным импульсным электронным пучком в различных режимах.

В качестве материала исследования использован силумин марки АК5М2, химический состав которого, определенный по результатам рентгеноспектрального анализа, приведен на рисунке 1а. Образцы имели форму параллелепипеда с размерами 15x15x5 мм (рисунок 1б).

Облучение образцов силумина интенсивным импульсным электронным пучком осуществляли на установке «СОЛЮ», общий вид которой приведен на рисунке 1в [9].

Электронный пучок ориентировался по нормали к поверхности образца с размерами 15x15 мм², а диаметр пучка выбирался из условий охватывания всей площади поверхности образца (Рисунок 1г).

Параметры пучка электронов: энергия ускоренных электронов 17 кэВ, плотность энергии пучка электронов (10, 30, 50) Дж/см², длительность импульсов (50 и 200) мкс, количество импульсов 3, частота следования импульсов 0,3 с⁻¹; давление остаточного газа (аргон) в рабочей камере установки $2 \cdot 10^{-2}$ Па.

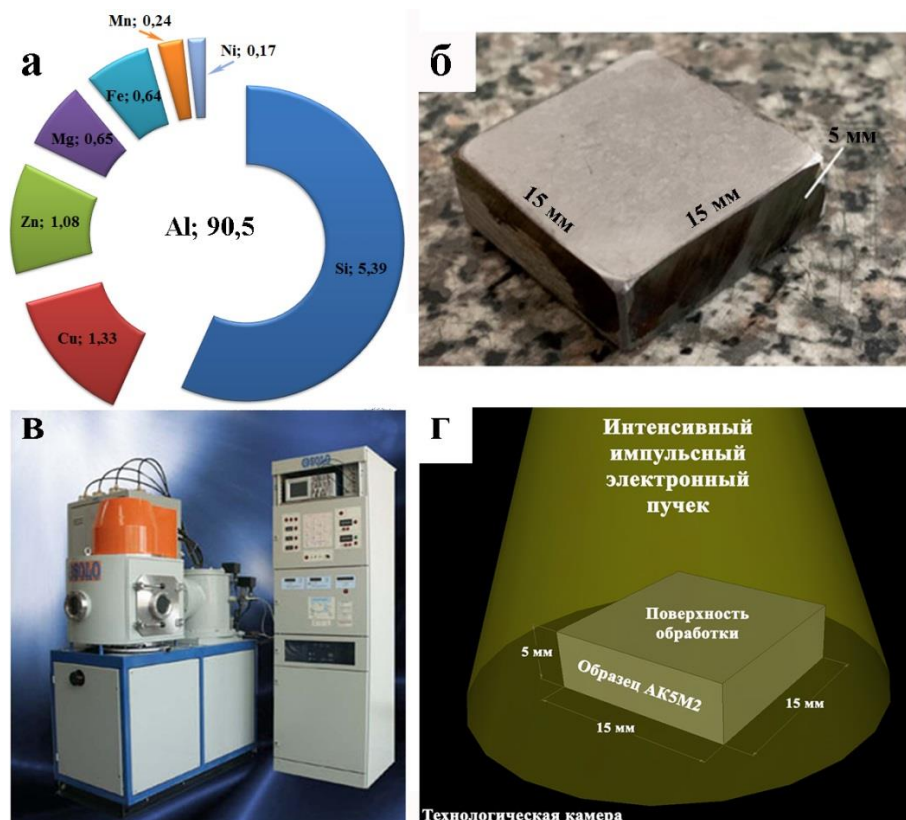


Рисунок 1- Результаты рентгеноспектрального анализа исследуемого материала (а), геометрические размеры образцов (б), внешний вид установки «СОЛО» (в) [9], ориентация образца относительно электронного пучка (г).

Трибологические свойства материала оценивали по параметру износа (к), величине обратной износостойкости на приборе TRIBOtester, схема Pin-On-Disc. Тестирование проводили в условиях сухого трения при параметрах: нормальная нагрузка 2 Н; скорость вращения образца 25 мм/с, пройденное расстояние 100 м; радиус трека 2 мм; контртело – шарик из твердого сплава ВК7 диаметром 6 мм.

Микротвердость измеряли методом восстановленного отпечатка (Виккерса), непосредственно на поверхности подвергнутой облучению, в соответствии с международным стандартом ISO 6507: 2005, нагрузка на индентор составляла 1Н (микротвердомер HVS-1000). Время нагружения составило 10 с, а время снятия нагрузки - 5 с (средние значение микротвердости определяли по 10 отпечаткам не менее чем на 3-х образцах для каждого режима).

Результаты трибологических испытаний и данные по микротвердости образцов силумина, облученных интенсивным импульсным электронным

пучком, приведены на рисунке 2 (красные и синие столбики). Отчетливо видно, что при облучении электронным пучком с длительностью импульса тока пучка 200 мкс параметр износа (величина, обратная износостойкости) снижается с ростом плотности энергии пучка электронов, демонстрируя тенденцию к выходу на насыщение (рисунок 2, красные столбики). Более сложным образом изменяется износостойкость силумина, облученного электронным пучком с длительностью тока пучка 50 мкс (рисунок 2, синие столбики). В данном случае износостойкость незначительно снижается при плотности энергии пучка электронов 30 Дж/см² и вновь увеличивается при облучении электронным пучком с плотностью энергии 50 Дж/см². Максимальное увеличение износостойкости ($k = 0,37 \cdot 10^{-3}$ мм³/Н•м) наблюдается при параметрах обработки 50 Дж/см² 200 мкс, и составляет 197 %.

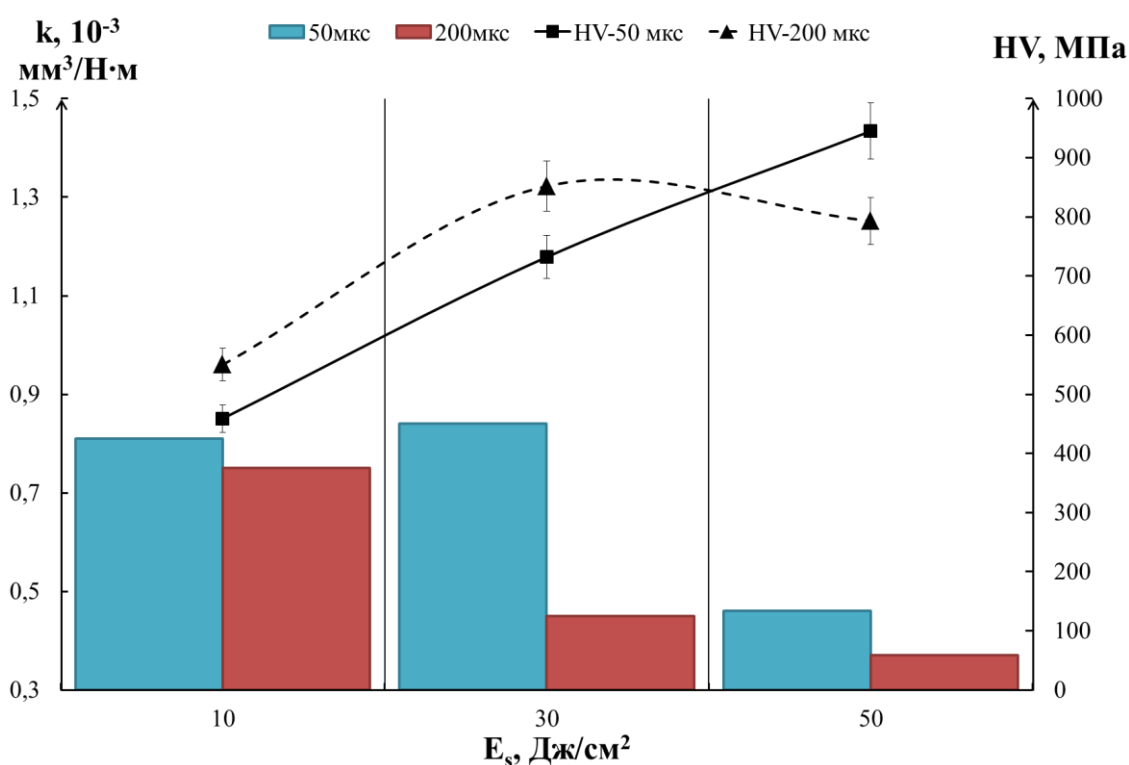


Рисунок 2 - Зависимости параметра износа k и значения микротвердости HV от плотности энергии пучка электронов (10, 30 50 Дж/см²) и длительности импульса (50 и 200 мкс). Значение k и HV литого силумина равно $1,1 \cdot 10^{-3}$ мм³/Н•м и 520 МПа соответственно.

Анализируя данные по изменению микротвердости можно отметить, что при длительности импульсов 50 мкс (сплошная кривая) микротвердость поверхностного слоя увеличивается с ростом плотности энергии пучка электронов, достигая максимального значения 950 МПа, при плотности энергии пучка электронов 50 Дж/см², что превышает микротвердость исходного материала на 83 %. При длительности импульсов 200 мкс (пунктирная кривая) микротвердость поверхностного слоя достигает максимального значения при

плотности энергии пучка электронов 30 Дж/см^2 и составляет 860 МПа , что превышает микротвердость исходного материала на 65% .

Таким образом, исходя из анализа изменения микротвердости и износостойкости в зависимости от плотности энергии пучка электронов и времени импульсов, оптимальным можно считать режим электронно-пучковой обработки с параметрами 50 Дж/см^2 , 200 мкс .

Сопоставляя данные по параметру износа с величиной микротвердости можно отметить их корреляцию, а именно при увеличении плотности энергии пучка электронов происходит снижение параметра износа (как следствие увеличение износостойкости) и увеличение микротвердости. Оба факта указывают на упрочнение поверхностных слоев материала.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-10059).

Библиографический список

1. James C.W. Progress in structural materials for aerospace systems/ C.W. James, A.S.Jr. Edgar // Acta Materialia. – 2003. – Vol. 51. – P. 5775–5799.
2. A. Heinz Recent development in aluminium alloys for aerospace applications/ A. Heinz, A. Haszler, C. Keidel, S. Moldenhauer, R. Benedictus, W.S. Miller // Materials Science and Engineering A280. – 2000. – P. 102–107.
3. Xu W. Comparative study on local and global mechanical properties of bobbin tool and conventional friction stir welded 7085-T7452 aluminum thick plate/ W. Xu, Y. Luo, W. Zhang, M. Fu // Journal of Materials Science & Technology. – 2018. – Vol. 34(1). – P. 173-184.
4. Cui C.X. Review on fabrication methods of in situ metal matrix composites/ C.X. Cui, Y.T. Shen, F.B. Meng, S.B. Kang // Journal of Materials Science and Technology. – 2000. – Vol. 16(6). – P. 619-626.
5. Porosity and the fatigue behavior of hypoeutectic and hypereutectic aluminum-silicon casting alloys/ H.R. Ammar, A.M. Samuel, F.H. Samuel // International Journal of Fatigue. – 2008. – Vol. 30(6). – P. 1024-1035.
6. Li W. Solid-state additive manufacturing and repairing by cold spraying: A review/ W. Li, K. Yang, S. Yin, X. Yang, Y. Xu, R. Lupoi // Journal of Materials Science & Technology. – 2018. – Vol. 34(3). – P. 440-457.
7. Mishra R.S. Friction stir welding and processing/ R.S. Mishra, Z.Y. Ma // Materials Science and Engineering R 50. – 2005. – P. 1-78.
8. Nie F. Microstructure and Mechanical Properties of Pulse MIG Welded 6061/A356 Aluminum Alloy Dissimilar Butt Joints/ F. Nie, H. Dong, S. Chen, P. Li, L. Wang, Z. Zhao, X. Li // Journal of Materials Science & Technology. – 2018. – Vol. 34(3). – P. 551-560.
9. Zaguliaev D.V. Microstructure and micro-hardness behavior of Ti–Y₂O₃–Al–Si composite coatings prepared in electron-plasma alloying / D.V. Zaguliaev, S.V. Konovalov, Yu.F. Ivanov, V.E. Gromov // Materials Characterization. – 2019. – Vol. 158. – 109934.

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ СВАРКИ НА МАШИНЕ МС 20.08

Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк. e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru*

В данной работе представлены результаты проведённых исследований свариваемости рельсовой стали на машине МС - 20.08. Экспериментальными исследованиями подобраны требуемые режимы сварки образцов. Изучена микроструктура сварного соединения с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51.

Ключевые слова: сварка, рельсовая сталь, контактно стыковая сварка, машина МС - 20.08.

Разработке и оптимизации нового способа контактно стыковой сварки рельсов уделяется большое внимание в РФ. В частности предложены новые режимы контактно стыковой сварки с последующей термической выдержкой [1-3].

В лабораторных условиях изучена свариваемость рельсовой стали контактно стыковым способом с помощью машины МС - 20.08. Химический состав свариваемых образцов представлен в таблице 1.

Отбор проб для определения химического состава стали производился по ГОСТ 7565–81. Образцы сечением 40 × 40 мм и толщиной 30 мм вырезались из поперечного сечения головки рельса. Анализ проводился спектральным методом с фотографической регистрацией спектра по ГОСТ 22536.0 на рентгенофлуорисцентном спектрометре XRF – 1800 фирмы SHIMADZU. Таблица 1 – Химический состав образцов, %

№ плавки	C	Mn	Si	Cr	V	P	S	Al	Ti
20906	0.76	0.77	0.53	0.36	0.04	0.014	0.006	0.003	0.002
20908	0.76	0.77	0.53	0.37	0.04	0.010	0.008	0.003	0.002
21200	0.77	0.80	0.56	0.38	0.04	0.008	0.006	0.002	0.002

Для проведения контактно стыковой сварки вырезались образцы сечением 10 мм × 30 мм и длиной 90 мм из головки рельса (рисунок 1).

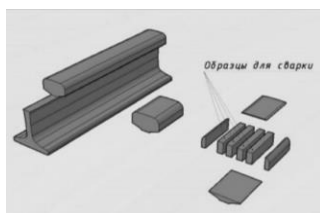


Рисунок 1 – Схема вырезки образцов

Сечение образцов выбиралось из условий возможности ведения процесса сварки непрерывным оплавлением на машине МС – 20.08.

В первую очередь производился подбор оптимальных режимов, исходя из рекомендованного режима, приведенного в техническом описании и инструкции по эксплуатации сварочной машины.

После сварки вырезались образцы для изучения микроструктуры. Образцы зачищались на шлифовально-полировальном станке FORCIPOL 2 с применением шлифовальной бумаги Mirka, с различным размером зерна покрытия (P400, P600, P800, P1000, P1500, P2000, P2500) до получения ровной поверхности без видимых царапин. После чего образцы полировались на войлочном покрытии, обрабатываемом специальной пастой для полировки металлических поверхностей

Изучение микроструктуры проводилось с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 и программного обеспечения SIAMS Photolab после травления поверхности образцов в 2 %-ном растворе азотной кислоты на универсальных объективах (10х, 20х, 50х, 100х.)

Анализ микроструктуры сварного стыка позволил выделить на исследуемых образцах наиболее характерные области, которые заметно отличаются друг от друга, как структурой, так и протяженностью: шов – обезуглероженный слой (Рисунок 2, Г), зона крупного зерна (Рисунок 2, В), участок нормализации (Рисунок 2, Б), основной металл (Рисунок 2, А).

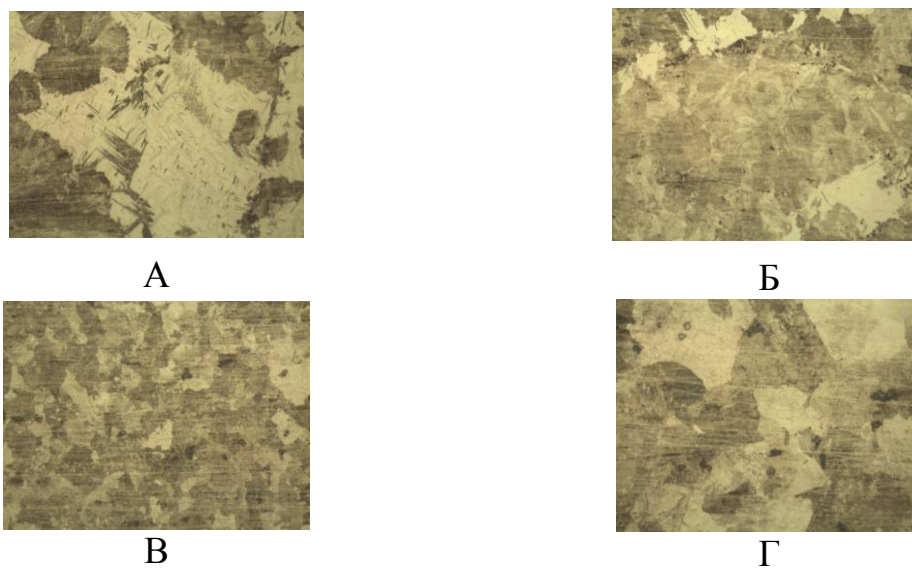


Рисунок 2 – Структура сварных образцов

Выводы:

1. В результате проведенных исследований была изучена микроструктура рельсовой стали сваренной контактно стыковым способом на машине контактно стыковой сварки МС - 20.08.

2. Анализ микроструктуры сварного стыка позволил выделить на исследуемых образцах наиболее характерные области, которые заметно отли-

чаются друг от друга, как структурой, так и протяженностью.

Библиографический список

1. Исследование структуры сварного соединения рельсовой стали марки 76ХФ при различных параметрах изотермической выдержки / К. А. Бутакова, А. Н. Гостевская, Р. А. Шевченко, Н. А. Козырев, А. А. Усольцев // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: сборник научных трудов. – Москва; Новокузнецк : СибГИУ, 2018. – Вып. 41. - С. 221-224. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

2. Изучение неметаллических включений, образующихся при контактной стыковой сварке рельсовой стали / Е. В. Полевой, Р. А. Шевченко, Н.А. Козырев, Д. Ю. Кушев, Р.Е. Крюков // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии : сборник научных трудов. – Москва; Новокузнецк: СибГИУ, 2018. – Вып. 41. - С. 225-230. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

3. Шевченко, Р. А. Совершенствование технологии контактной сварки железнодорожных рельсов / Р. А. Шевченко; науч. рук. Н. А. Козырев // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13-15 июня 2018 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Вып. 22. – Ч. 2 : Естественные и технические науки.– С. 218-221. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 621.791:624

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ПОД ФЛЮСОМ, ИЗГОТОВЛЕННЫМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Апанина В.О., Михно А.Р., Постников А.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук. профессор Козырев Н.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru*

В работе приведено исследование наплавленных образцов, выполненных с помощью наплавки под слоем флюса, изготовленного на основе ковшевого электросталеплавильного шлака, шлака производства силикомарганца и пыли электрофильтров алюминиевого производства. Методами оптической микроскопии изучено влияние состава сварочного флюса на неметаллические включения наплавленного слоя.

Ключевые слова: шлак силикомарганца, структура, наплавка под флюсом, ковшевой электросталеплавильный шлак, неметаллические включения.

При проведении сварочных и наплавочных работ под слоем флюса

важным является качественный выбор сварочных материалов. С целью снижения стоимости проведения сварочных и наплавочных работ предложено использование техногенных отходов металлургического производства [1,2]. К таким отходам относятся: ковшевой электросталеплавильный шлак производства рельсовой стали, шлак производства силикомарганца, а также пыль электрофильтров алюминиевого производства [3].

Изучались наплавочные свойства флюса на основе ковшевого электросталеплавильного шлака. Схема изготовления флюса представлена на рисунке 1.

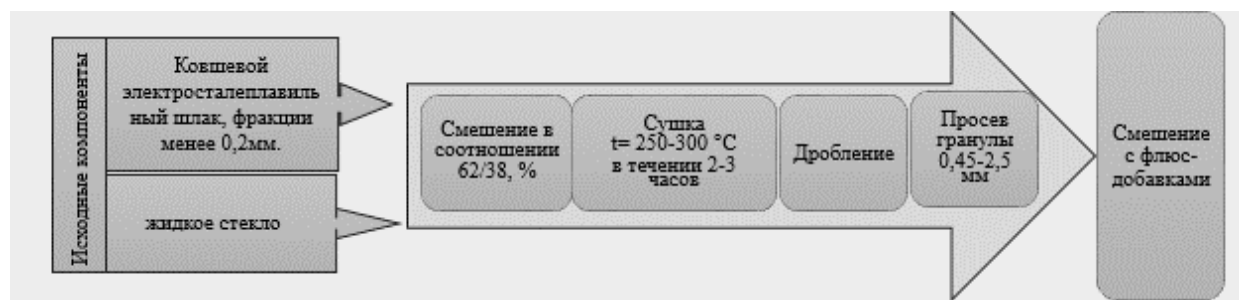


Рисунок 1 – Схема изготовления флюса

Изготовление флюс-добавки на основе шлака производства силикомарганца проводилось путем рассева шлака с выделением фракции 0,45-2,5мм.

Изготовление флюс-добавки на основе пыли электрофильтров алюминиевого производства (углеродфторсодержащая добавка) проводили по следующей схеме:



Рисунок 2 – Схема изготовления флюс-добавки на основе пыли газоочистки алюминиевого производства (углеродфторсодержащая добавка)

После подготовки компонентов исследуемого состава флюса проводилось их смешение в различных соотношениях, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав наплавочного флюса, %

Маркировка флюса	Ковшевой электросталеплавильный шлак	Шлак силикомарганца	Углеродфторсодержащая добавка
1	90	8	2
2	90	6	4
3	90	4	6
4	80	15	5

Изготовленные составы исследуемых сварочных флюсов были использованы для проведения наплавочных работ. Для проведения наплавки были использованы наплавочные пластины из листовой стали марки 09Г2С, наплавка проводилась сварочной проволокой марки Св-08ГА с использованием сварочного трактора АСАW-1250. Режим наплавки: сила тока – 680 А, напряжение – 28 В, скорость наплавки – 28 см/мин.

После проведения наплавки образцы исследованы на химический и структурный анализ, а также были проведены механические испытания на износ. Результаты химического анализа исследуемых образцов, наплавленных с помощью различных составов сварочного флюса, представлены в таблице 2.

Проведение механических испытаний на износостойкость проводили на машине для испытаний на трение и износ 2070 СМТ–1. Для измерения твердости наплавленных слоев было сделано 5 замеров в различных областях наплавленных образцов и рассчитаны средние показатели твердости для каждого из них. При определении микротвердости структурных составляющих использовался цифровой микро твердомер HVS-1000. Во время испытаний нагрузка составляла 100 кГс/мм², время выдержки – 10 с. Изучение твердости проводилось с использованием твердомера УЗИТ–3. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Химический состав наплавленных образцов, %

№ флюса	Массовая доля элементов, %										
	С	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	Mo	Al	S	P
1	0,10	0,32	0,52	0,05	0,66	0,14	0,001	0,24	0,021	0,017	0,020
2	0,10	0,29	0,45	0,04	0,76	0,15	0,005	0,28	0,013	0,020	0,020
3	0,11	0,42	0,78	0,04	0,7	0,15	0,002	0,26	0,024	0,011	0,017
4	0,11	0,43	0,89	0,04	0,64	0,13	0,001	0,23	0,028	0,011	0,023

Таблица 3 – Результаты износостойкости, микротвердости и твердости исследуемых образцов.

№ образца	Скорость износа г/об·10 ⁻⁴	Микротвердость, НВ	Твердость, НВ
1	1,3355	201	180
2	2,2546	184	160
3	1,7985	193	177
4	0,8541	215	196

Согласно полученным данным (таблица 3), наибольшей износостойкостью, как и повышенной твердостью, обладает валик, наплавленный под флюсом с соотношением, мас. %: ковшевой шлак – 80 %, шлак силико-марганца – 15 %, углеродфторсодержащая добавка – 5% (образец № 4).

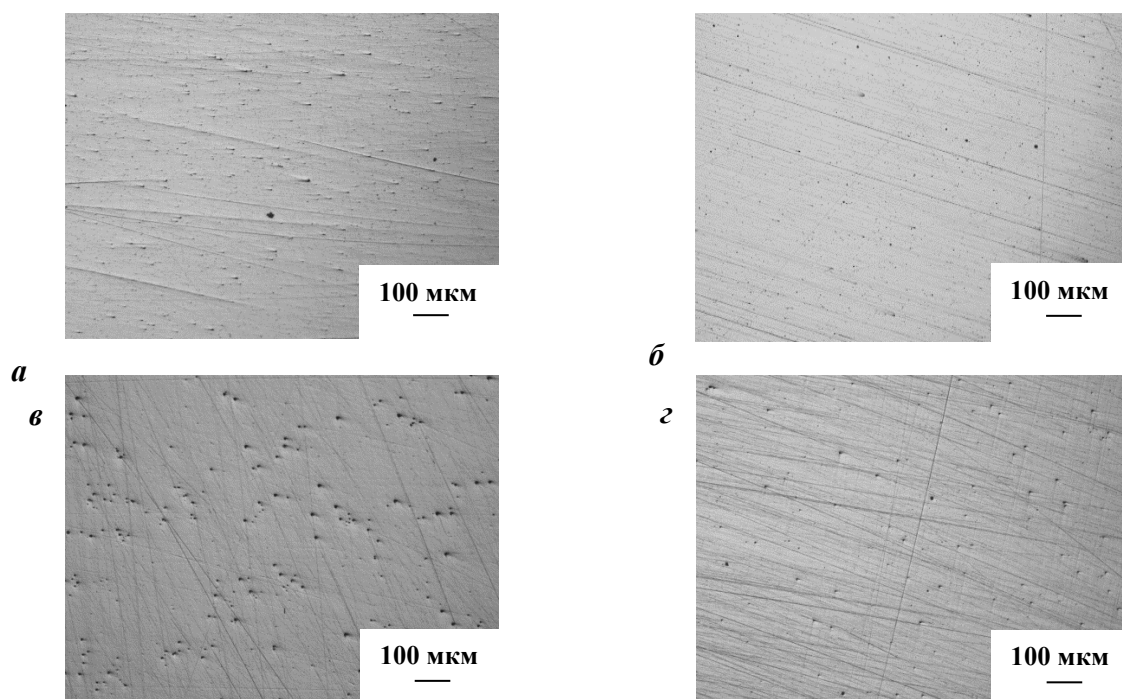
Металлографическое исследование проводилось на нетравленных микрошлифах при помощи оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 при увеличении ×100. Результаты анализа на наличие неметаллических

включений в зоне наплавленного слоя, проведенного согласно ГОСТ 1778-70, приведены на рисунке 3 и в таблице 4.

Таблица 4 – Неметаллические включения в зоне наплавленного слоя

Образец №	Неметаллические включения, балл		
	Оксиды точечные	Оксиды строчечные	Силикаты недеформирующиеся
1	3а	Не обнаружено	3б
2	3а	Не обнаружено	3б
3	3а	2а	2б
4	3а	Не обнаружено	2б, 3а, 3б

Баллы неметаллических включений устанавливали при просмотре всей площади наплавленного слоя нетравленных шлифов. В каждом поле зрения определяли размеры отдельно по каждому виду неметаллических включений методом сравнения с эталонными шкалами. Согласно проведенным исследованиям, образец № 2, с компонентным составом: ковшевой шлак - 90 %, шлак силикомарганца – 6 %, углеродфторсодержащая добавка – 4 %, по сравнению с другими образцами имеет минимальный уровень загрязненности неметаллическими включениями.



а) образец 1; б) образец 2; в) образец 3; г) образец 4

Рисунок 3 – Неметаллические включения в зоне наплавленного слоя исследуемых образцов

Выводы:

1. Проведенные эксперименты показали, что наименьшим уровнем загрязненности неметаллическими включениями обладают валики, наплавленные под флюсом содержащем ковшевой электросталеплавильный шлак –

90 %, шлак силикомарганца – 6 %, пыли электрофильтров алюминиевого производства – 4 %.

2. Результаты испытаний на твердость и износ наплавленных слоев, показали, что наибольшие значения получены при наплавке под флюсом следующего состава, мас. %: ковшевой шлак - 80 %, шлак силикомарганца – 15 %, углеродфторсодержащая добавка – 5 %.

Библиографический список

1. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлаков металлургического производства / А. Р. Михно, Р. Е. Крюков, Н. А. Козырев, А. А. Усольцев, О. А. Козырева // Сварка в России – 2019: современное состояние и перспективы: тезисы докладов Международной конференции, г. Томск, 3–7 сентября 2019 г. – 2019. – С. 187–188.

2. Козырев Н.А. Влияние введения добавок во флюсы, изготовленные из ковшевого электросталеплавильного шлака / Н.А. Козырев, А.Р. Михно, Р.Е. Крюков, А.Н. Калиногорский, Л.П. Бащенко // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2019. – Т. 62. – № 8. – С. 606 – 612.

3. Козырев, Н. А. Новая углеродфторсодержащая добавка для сварочных флюсов / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, Д. Е. Колмогоров // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. с элементами науч. шк. для молодых ученых. Юргинский технолог. ун-т. – Юрга : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2014. – С. 38–42.

УДК 625.143.48

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ С ПОСЛЕДУЮЩИМ КОНТАКТНЫМ ПОДГРЕВОМ

**Бутакова К.А., Гостевская А.Н., Алимарданов П.Э., Азаренков И.А.
Научный руководитель: Шевченко Р.А**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ksusha.butackova@yandex.ru*

В работе исследуется влияние параметров изотермической выдержки на микроструктуру сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ. При исследовании микроструктуры были проанализированы различные участки зоны термического влияния, произведена оценка структуры этих участков на бальность и выбран оптимальный изотермической выдержки.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка, сварной шов, рельсовая сталь, структура, зона термического влияния.

Введение

Благодаря удобству, высокой эффективности и низкой стоимости железнодорожный транспорт является одним из наиболее распространённых способов перевозок. Надежная работа железных дорог во многом определяется качеством и эксплуатационной стойкостью основного элемента железнодорожного пути – рельсов. Большое внимание уделяется качеству сварных соединений рельсов, так как выход их из строя ведет к большим экономическим затратам [1]. Эксплуатационная стойкость сварных соединений определяется как режимами сварки и состоянием рельсосварочного оборудования, так и параметрами их микроструктуры.

Исследование микроструктуры рельсов позволяет выявить различные отклонения в технологии их изготовления, определить причины и характер различных внешних и внутренних дефектов металла. Необходимо стремиться к полному устранению структур типа мартенсита. Данный тип структур имеет крупнопластинчатую форму и очень хрупок, а потому склонен к образованию микротрещин.

На сегодняшний день большую часть рельсов сваривают при помощи электроконтактного метода, при этом процессе сталь проходит нагрев и непрерывное охлаждение в зоне термического влияния (ЗТВ) [2].

Целью данной работы является изучение влияния контактного подогрева на структуру стали марки Э76ХФ.

Материалы и методы исследования

Для сварки из головки рельса Р65 марки Э76ХФ вырезался образец с сечением 10 мм × 30 мм и длиной 90 мм. Контактную стыковую сварку непрерывным оплавлением проводили на машине МС – 20.08 по режиму: $U_2 = 5,76$ В, $I_2 = 11,7$ кА, $V_{\text{опл}} = 1$ мм/с, $\Delta_{\text{опл}} = 10$ мм, где $K_{\text{тр}}$ – коэффициент трансформации; U_2 – вторичное напряжение; I_2 – вторичный ток; $\Delta_{\text{опл}}$ – припуск на оплавление; $\Delta_{\text{ос}}$ – припуск на осадку; $V_{\text{опл}}$ – скорость оплавления.

Образец №1 получен способом контактной стыковой сварки непрерывным оплавлением без термической обработки. При сварке образцов №2 - №3 происходил подвод дополнительного тепла в момент их охлаждения путем пропускания через сварной стык переменного электрического тока по заданным режимам (Таблица 1). Исследуемыми параметрами введения дополнительного тепла является: X_1 – время охлаждения после осадки; X_2 – время подогрева; X_3 – время охлаждения после подогрева; X_4 – количество импульсов подогрева.

Таблица 1 – Режимы контактного подогрева образцов стали Э76ХФ

Образец, №	X_1 , с	X_2 , с	X_3 , с	X_4 , с
1	30	0,6	15	4
2	30	0,6	15	2
3	30	0,6	10	4

Для проведения исследований использовались образцы стали марки Э76ХФ. Химический состав стали марки Э76ХФ по ГОСТ 51685-2000 приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав образцов рельсовой стали

№ образца	Массовая доля элементов, %							
	C	Mn	Cr	Si	V	Al	P	S
0	0,74	0,84	0,37	0,26	0,04	0,002	0,009	0,010
1	0,76	0,77	0,37	0,53	0,04	0,003	0,010	0,009
2	0,76	0,77	0,36	0,53	0,04	0,003	0,010	0,007

Металлографический анализ изменений структуры проводился при увеличении $\times 500$ с помощью оптического микроскопа Olympus GX–51. Для создания оптического контраста образцы химически травились раствором, представляющим собой 4%-й раствор азотной кислоты в этиловом спирте в течение 6 секунд. Анализ и оценка микроструктуры образцов на бальность структурных составляющих выполнены по ГОСТ 8233.

Исследование микротвердости было проведено с помощью микротвердомера HVS–1000. Нагрузка была постоянной для всех режимов обработки и составляла 1Н. Время приложения и удержания нагрузки составляло 10 с, снятия испытательной нагрузки – 5 с.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ микроструктуры позволил выделить наиболее характерные области, которые заметно отличаются друг от друга, как структурой, так и протяженностью и характерны для каждого исследуемого образца: шов – обезуглерожженный слой, зона крупного зерна, зона мелкого зерна, основной металл.

На рисунке 1 представлены изображения структуры для исследуемых образцов.

Результаты оценки микроструктуры на бальность в зоне сварного шва представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка микроструктуры исследуемых образцов стали Э76ХФ в зоне сварного шва

Режим, №	Объемная доля мартенсита/троостита, % (Балл)	Степень дисперсности пластинчатого перлита, Балл
0	95/5 (4)	-
1	-	2
2	>75/<25 (7,5)	-

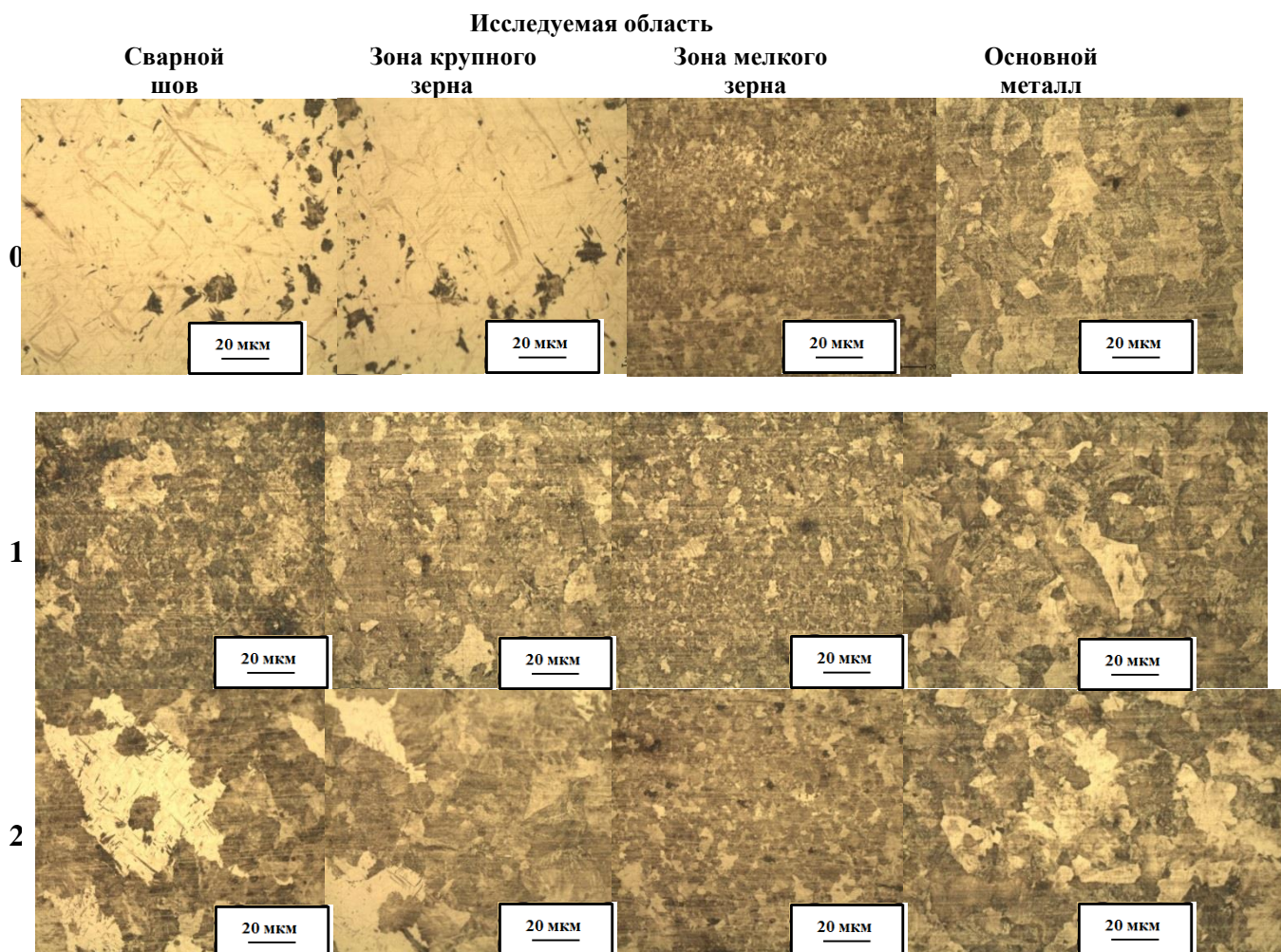


Рисунок 1 – Изменение структуры в различных областях в исследуемых образцах стали марки Э76ХФ

По данным таблицы 4 можно сделать вывод что в сварном шве образцов №0 и №2 преобладает мартенситная структура, наличие которой недопустимо в рельсовом металле. Установлено, что в зоне сварного шва образца №1 преобладает структура скрытопластинчатого перлита с межпластинчатым расстоянием 0,3 мкм..

Результаты оценки микроструктуры на бальность в зоне крупного зерна представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка микроструктуры исследуемых образцов стали Э76ХФ в зоне крупного зерна

Режим, №	Протяженность зоны	Объемная доля мартенсита/троостита, % (Балл)	Степень дисперсности пластинчатого перлита, Балл
0	0,9 мм	95/5 (4)	-
1	0,9 мм	-	1
2	2,09 мм	25/75 (9)	-

Приведенные данные в таблице 5 свидетельствуют о преобладании в образце №0 структуры мартенситного типа. В образце №2 в зоне крупного зерна так же наблюдается мартенситная структура, что является недопустимым. В образце №1 в зоне крупного зерна преобладает структура пластинчатого сорбитообразного перлита с межпластинчатым расстоянием менее 0,2 мкм.

Микроструктура в зоне мелкого зерна представляет собой пластинчатый и зернистый перлит в различной стадии коагуляции. Дисперсность пластинчатого перлита оценивается баллом 1 шкалы 1 ГОСТ 8233, и соответствует сорбитообразный перлит с межпластинчатым расстоянием менее 0,2 мкм.

Структура основного металла исследуемых образцов представляет собой пластинчатый перлит 1 – 2 балла по шкале 1 ГОСТ 8233, что характерно для структуры нетермоупрочненных рельсов.

Протяженность зон термического влияния, а так же значения микротвердости по зонам, выявленным в зоне термического влияния, для исследуемых образцов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Протяженность зон термического влияния для исследуемых образцов

Образец, №	Протяженность зоны термического влияния	Средние значения микротвердости, ГПа			
		Зона свар- ного шва	Зона крупно- го зерна	Зона мелко- го зерна	Основ- ной ме- талл
№0	5 мм	519	525,02	418,98	369,21
№1	5 мм	356,44	347,5	328,49	321,59
№2	6 мм	413,08	374,13	333,72	344,27

Из таблицы 5 следует, что полученные при одинаковой нагрузке значения микротвердости уменьшаются при удалении от сварного шва. Максимальные значения в зоне сварного шва и крупного зерна наблюдаются в образцах №0 и №2, что подтверждает наличие в этих зонах у данных образцов структур мартенсита. Минимальные значения микротвердости характерны для зоны мелкого зерна. Область, относящаяся к зоне основного металла, имеет микротвердость, значения которых близки к 330 ГПа. Оптимальные значения микротвердости получены на образцах №1.

Выводы:

1. На основании полученных данных о микроструктуре сварное соединение, полученное контактной стыковой сваркой, представляет собой четыре отдельных области, симметричных относительно центра – сварной шов, зона крупного зерна, зона мелкого зерна и основной металл.

2. Выявлено, что микроструктура в зоне сварного шва рельса после контактной стыковой сварки без проведения контактного перегрева представляет собой игольчатый мартенсит. Данная структура является недопу-

стимой и может повлиять на сроки эксплуатации рельсов. Присутствие мартенсита в сварном шве так же обнаружено в образце №2.

3. Установлено, что оптимальными параметрами контактного подогрева для образцов стали Э76ХФ после контактной стыковой сварки, являются параметры, использованные при обработке образцов №1.

Библиографический список

1. Генкин И.З. Сварные рельсы и стрелочные переводы.// М. Ин-текст.2003- 93 с.

2. Бутакова К.А., Гостевская А.Н., Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А. Исследование структуры сварного соединения рельсовой стали марки Э76Х при различных параметрах изотермической выдержки. Вестник горно-металлургической секции Российской академии наук. Отделение металлургии. 2018. №41. С. 221-224.

УДК 625.143.48

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ НА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАЛЛЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ Э76ХФ

**Гостевская А.Н., Бутакова К.А., Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.
Научный руководитель: Шевченко Р.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lokon1296@mail.ru*

В работе исследуется влияние параметров изотермической выдержки на неметаллические включения сварных соединений рельсов из стали марки Э76ХФ. При исследовании загрязненности неметаллическими включениями было проведено анализ основного металла и сварного шва, произведена оценка неметаллических включений и выбран оптимальный режим сварки.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка, сварной шов, рельсовая сталь, неметаллические включения.

Одной из основных причин вывода рельсов из эксплуатации являются скопления неметаллических включений в зоне сварного стыка [1].

При этом неметаллические включения могут образовываться, как при производстве стали (выплавка, внепечная обработка, разливка стали), так и непосредственно при сварке рельсов в плети. Потому вопросом образования неметаллических включений и их трансформация при сталеплавильном производстве и сварке рельсов уделяется большое внимание [2].

Целью настоящей работы является исследование влияния контактного подогрева на образование неметаллических включений стали марки Э76ХФ.

Для проведения металлографического анализа микроструктуры сварного шва стали 76ХФ из головки рельса вырезались образцы 90 мм × 30 мм × 10 мм с известным химическим составом (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав образцов рельсовой стали

№ образца	Массовая доля элементов, %							
	C	Mn	Cr	Si	V	Al	P	S
0	0,74	0,84	0,37	0,26	0,04	0,002	0,009	0,010
1	0,76	0,77	0,37	0,53	0,04	0,003	0,010	0,009
2	0,76	0,77	0,36	0,53	0,04	0,003	0,010	0,007

Для сварки образец вырезался из рельсов сечением 10 мм × 30 мм и длиной 90 мм. Контактную стыковую сварку непрерывным оплавлением проводили на машине МС – 20.08 по режиму: $U_2 = 5,76$ В, $I_2 = 11,7$ кА, $V_{\text{опл}} = 1$ мм/с, $\Delta_{\text{опл}} = 10$ мм, где U_2 – вторичное напряжение; I_2 – вторичный ток; $\Delta_{\text{опл}}$ – припуск на оплавление; $\Delta_{\text{ос}}$ – припуск на осадку; $V_{\text{опл}}$ – скорость оплавления.

Образец №1 получен способом контактной стыковой сварки непрерывным оплавлением без термической обработки. При сварке образцов №2 – №3 происходил подвод дополнительного тепла в момент их охлаждения путем пропускания через сварной стык переменного электрического тока по заданным режимам (Таблица 2).

Таблица 2 – Режимы контактного подогрева образцов стали Э76ХФ

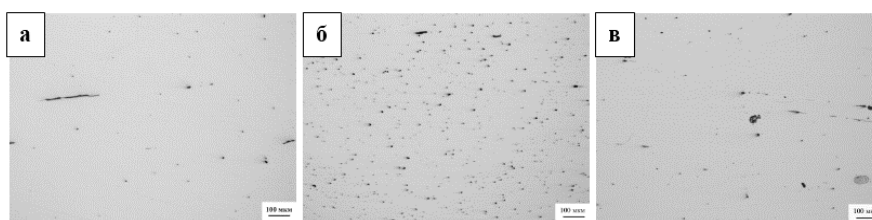
Образец, №	время охлаждения после осадки, с	время подогрева, с	время охлаждения после подогрева, с	количество импульсов подогрева, с
1	30	0,6	15	4
2	30	0,6	15	2

Исследование образцов стали Э76ХФ на неметаллические включения проводилось на металлографическом микроскопе OLYMPUS GX-51 при увеличении в 100 крат в соответствии ГОСТ 1778-70.

Изучение уровня загрязненности неметаллическими включениями проводили на образцах до сварки, как и после сварки в зоне сварного стыка. В сварном шве образца №0 так же, как и в основном металле рельсовой стали марки Э76ХФ было обнаружено небольшое количество точечных оксидов (балл №1а) (рисунок 1 а), пластинчатые силикаты (балл № 3а) (рисунок 1 а, 2 а) и нитриды строчечные (балл № 2а) (рисунок 1 а).

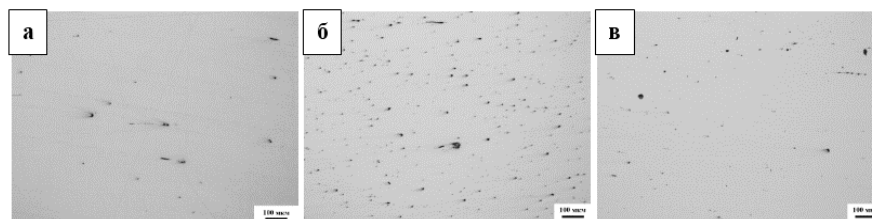
В образцах №1 (рисунок 1 б) и №2 (рисунок 1 в) в основном металле и в сварном шве наблюдалось присутствие точечных оксидов (балл № 1а), недеформирующихся силикатов (балл № 5а) и пластинчатых силикатов (балл № 4а). В сварном шве образца №0 так же, как и в основном металле рельсовой стали марки Э76ХФ было обнаружено небольшое количество точечных оксидов (балл №1а) (рисунок 1 а, 2 а), пластинчатые силикаты (балл № 3а)

(рисунок 1 а, 2 а) и нитриды строчечные (балл № 2а) (рисунок 1 а, 2 а).



а – образец №0; б – образец №1; в – образец №2; г – образец №3;

Рисунок 1 – Неметаллические включения основного металла



а – образец №0; б – образец №1; в – образец №2; г – образец №3;

Рисунок 2 – Неметаллические включения сварного шва стали марки Э76ХФ

В образцах №1 (рисунок 1 б, 2 б) и №2 (рисунок 1 в, 2 в) в основном металле и в сварном шве наблюдалось присутствие точечных оксидов (балл № 1а), недеформирующихся силикатов (балл № 5а) и пластинчатых силикатов (балл № 4а).

По результатам исследования можно сделать вывод, что в зоне сварного шва и основного металла присутствуют неметаллических включений в виде оксидов точечных, силикатов пластичных и недеформирующихся (рисунок 1, 2). Проведенные исследования загрязненности образцов показало, что в зоне основного металла выявлены неметаллические включения схожие с присутствующими в зоне сварного шва. Было установлено, что самым загрязненным образцов является образец №1, а самыми чистыми образцы №0.

Исходя из полученных результатов установлено, что контактная стыковая сварка непрерывным не оказала влияние на образование неметаллических включений в образцах.

Выводы: На основании полученных данных о загрязненности неметаллическими включениями в соответствии с ГОСТ 1778-70 было установлено, что преобладающим типом неметаллических включений в сварных соединениях во всех исследуемых образцах являются точечные оксиды. Неметаллические включения, выявленные в металле, типичны для включений, образующихся при выплавке.

2. В ходе исследования было установлено, что самым загрязненным по количества и видам неметаллических включений является образец №6 как в основном металле, так и в зоне сварного шва. Было выявлено, что самым чистым образцом в зоне сварного шва и основного металла по количества и

видам неметаллических включений является образец №8.

3. Исследование неметаллических включений образцов в основном металле и в зоне сварного шва показало, что режимы контактной стыковой сварки непрерывным оплавлением не оказали влияние на загрязненность образцов.

Библиографический список

1. Уманский, А. А. Исследования состава и распределения неметаллических включений по сечению рельсовых профилей / А. А. Уманский, А. В. Головатенко, А. С. Симачев // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии : сборник научных трудов. – Москва; Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – Вып. 42. – С. 22 – 27.

2. Исследование структуры сварного соединения рельсовой стали марки 76ХФ при различных параметрах изотермической выдержки / К. А. Бутакова, А. Н. Гостевская, Р. А. Шевченко, Н. А. Козырев, А. А. Усольцев // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии : сборник научных трудов. – Москва; Новокузнецк : СибГИУ, 2018. – Вып. 41. – С. 221 – 224.

УДК 621.791:624

РАЗРАБОТКА САМОФЛЮСУЮЩЕЙСЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Гусева Д.А., Шамрай В.Р., Комаров А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: a.us@rambler.ru*

В данной работе представлены результаты проведенных исследований по использованию самофлюсующейся порошковой проволоки для наплавки на основе шлака производства силикомарганца и железного порошка. В лабораторных условиях изготавливалась порошковая проволока с дальнейшей наплавкой на пластины из марки стали 09Г2С.

Ключевые слова: порошковая проволока, технология, наплавка, шлак силикомарганца, железный порошок.

В лабораторных условиях производилась наплавка исследуемых самофлюсующихся порошковых проволок на основе железного порошка и шлака силикомарганца, с химическим составом мас. %: S 0,15-0,17 %, P 0,01 %, F 0,28-0,76%, FeO 0,27-0,81 %, CaO 22,85-31,70 %, SiO₂ 46,46-48,16 %, MnO

8,01-8,43%, MgO 6,48-7,92 %, Al₂O₃ 6,91-9,62%, Na₂O 0,26-0,36% K₂O до 0,6 2 %. Компонентный состав представлен в таблице 1. Режимы наплавки приведены в таблице 2,3. Внешний вид наплавленных слоев представлен на рисунках 1,2.

Таблица 1– Компонентный состав

№ проволоки	Порошок Fe		Шлак SiMn	
	г	%	г	%
1	150	75	50	25
2	130	65	70	35

Таблица 2– Режимы наплавки для проволоки № 1

Режимы сварки					
№ Образца	Проволока №	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, см/мин	Результат
1	1	500	30	30	Валик равномерный. Дефектов нет
2		500	30	30	Валик равномерный. Дефектов нет
3	1	550	30	50	Валик равномерный. Дефектов нет
4		600	28	53	Валик равномерный. Дефектов нет



Образец №1



Образец №2



Образец №3



Образец №4

Рисунок 1 – Внешний вид наплавленных образцов 1-4 проволокой №1

Таблица 3 – Режимы наплавки для проволоки № 2

Режимы сварки					
№ Об-разца	Про-волока №	Сила тока, А	Напря-жение, В	Скорость наплавки, см/мин	Результат
5	2	500	30	46	Валик цельный, без дефектов
6		500	30	43	Валик цельный, незначительно кол-во пор
7		500	30	36	Валик цельный, без дефектов
8		500	28	36	Дефектов нет



Образец №5



Образец №6



Образец №7



Образец №8

Рисунок 2 – Внешний вид наплавленных образцов 5-8 проволокой №2

Выводы:

В результате проведенных исследований показана принципиальная возможность применения самофлюсующейся порошковой проволоки для наплавки на основе отходов металлургического производства.

Полученные результаты внешнего вида наплавленного слоя указывают, что оптимальным составом порошковой проволоки для наплавки является состав проволоки №1, с режимом наплавки: сила тока 500 А, напряжение 30 В, скорость наплавки 30 см/мин.

Библиографический список

1. Разработка порошковой проволоки для наплавки деталей, работающих в условиях износа / Гусев А.И., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Бащенко Л.П. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. -- т. 61. № 11. – С. 898-906.

2. Прогнозирование свойств новой порошковой проволоки на основе пыли газоочистки феррохрома / Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р., Белов Д.Е // Упрочняющие технологии и покрытия -2019. -Том

15. -№ 3(171). -С. 99-103.

3.Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. С. Непомнящих, А. А. Усольцев, М. В. Попова // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 9. - С. 101-106. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 621.762.04: [624.567.1:669]

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ПП-НП-35В9Х3СФ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Денисов П.А. Белов Д.Е.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: a.us@rambler.ru*

Изучена возможность совершенствования технологического процесса порошковой проволокой марки 35В9Х3СФ содержащая дополнительно углеродфторсодержащую добавку. Подобраны компонентные составы и режимы наплавки, обеспечивающие необходимые физико-механические свойства. Изучена твердость полученных образцов в зависимости от концентрации углерода в образцах.

Ключевые слова: порошковая проволока, углеродфторсодержащая добавка, шлак силикомарганца, наплавка, твердость.

В данной работе рассмотрена возможность совершенствования технологического процесса наплавки порошковой проволокой ПП-Нп-35В9Х3СФ с дополнительно введенной углеродфторсодержащей добавкой.

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях изготовлены образцы порошковой проволоки с использованием пыли газоочистки алюминиевого производства.

В качестве наполнителя использовались порошкообразные материалы: порошок железа марки ПЖВ1 по ГОСТ 9849-86, кремния КР-1 по ГОСТ 2169-69, вольфрама по ГОСТ 1049-74, марганца МР-0 по ГОСТ 6008—82, хрома ПХА-1М по ТУ 14-1-1474-75, ванадия ВЭЛ-1 по ТУ 48-0533-71, молибден М-МП по ГОСТ 4759-91, а также углеродфторсодержащий материал, аморфный графит ГЛС-1 по ГОСТ 17022-81 с химическим составом: $Al_2O_3 = 21-46$; $F = 18-27$; $Na_2O = 8-15$; $K_2O = 0.4-6$; $CaO = 0.7-2.3$; $SiO_2 = 0.5-2.5$; $Fe_2O_3 = 2.1-3.3$; $Собщ = 12.5-30.2$; $MnO = 0.07-0.9$; $MgO = 0.06 - 0.9$; $S = 0.09 - 0.19$; $P = 0.10 - 0.18$

Наплавка образцов проводилась на пластины стали марки 09Г2С с ис-

пользованием сварочного трактора ASAW-1250 в 5 слоев при следующих режимах: сила тока 600А, напряжением 32В, скорость наплавки 15 м/ч. Наплавку проводили под флюсом, изготовленным из шлака силикомарганца с химическим составом: $Al_2O_3 = 6,91-9,62\%$, $CaO = 22,85-31,70\%$, $SiO_2 = 46,46-48,16\%$, $FeO = 0,27-0,81\%$, $MgO = 6,48-7,92\%$, $MnO = 8,01-8,43\%$, $F = 0,28-0,76\%$, $0,26-0,36\%$ $K_2O = 0,62\%$, $S = 0,15-0,17\%$, $P = 0,01\%$.

В таблице 1 приведены компонентные составы использованных проволок.

Таблица 1 – Компонентный состав порошковых проволок

№ образца	Порошок углеродсодержащего компонента	Порошок ферросиликохрома FeSiCr ₁₅	Порошок ферромарганца ФМн78А	Порошок ферросилиция ФС75	Порошок феррованадия ФВ40У 0,6	Порошок вольфрама ПВП-1
1	22,5	17,5	5,5	6,6	2	52,5
2	7,5	17,5	5,5	6,6	2	52,5
3	15	17,5	5,5	6,6	2	52,5
4	18,75	17,5	5,5	6,6	2	52,5
5	22,95	17,5	5,5	6,6	2	52,5

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800.

Химический состав наплавленных образцов представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Химический состав наплавленных образцов

№	Массовая доля элементов, %													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	W	Al	Co	Nb
1	0,21	1,39	1,56	0,011	0,022	4,25	0,37	0,04	0,05	0,36	7,12	0,02	0,02	0,01
2	0,24	1,08	1,17	0,010	0,026	4,50	0,37	0,04	0,05	0,58	7,62	0,02	0,02	0,01
3	0,34	1,43	1,55	0,018	0,026	4,88	0,37	0,05	0,04	0,28	7,74	0,01	0,04	0,01
4	0,38	1,32	1,30	0,015	0,026	4,44	0,36	0,05	0,03	0,25	7,76	0,07	0,03	0,01
5	0,44	1,41	1,70	0,021	0,026	4,48	0,38	0,06	0,04	0,31	7,61	0,01	0,04	0,01

Измерение твердости наплавленных образцов выполняли по методу Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9013-59. Результаты измерения твердости наплавленных образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты измерения твердости наплавленных образцов

№	1 замер	2 замер	3 замер	4 замер	5 замер	6 замер	7 замер	8 замер	9 замер	10 замер	Среднее знач., HRC
1	67,2	65,7	70,6	71,2	67,5	73,9	73,7	68,7	70,2	68,9	69,96
2	70,7	66,7	66,4	72,8	68,7	76,7	70,1	71,4	72,6	71,6	70,77
3	73	77	77,1	75,7	75,4	74,7	70,4	76,7	76,7	79,4	75,61
4	80,2	79,9	80,7	79,8	76,2	79,3	78	79,1	70,5	77,8	78,95
5	79,8	79,7	81,3	82,6	78,3	80	80,8	79,8	80,1	83	80,54

По результатам проведенных исследований была построена зависимость показателей твердости наплавленных образцов (рис.1), от количества углерода в наплавленном слое.

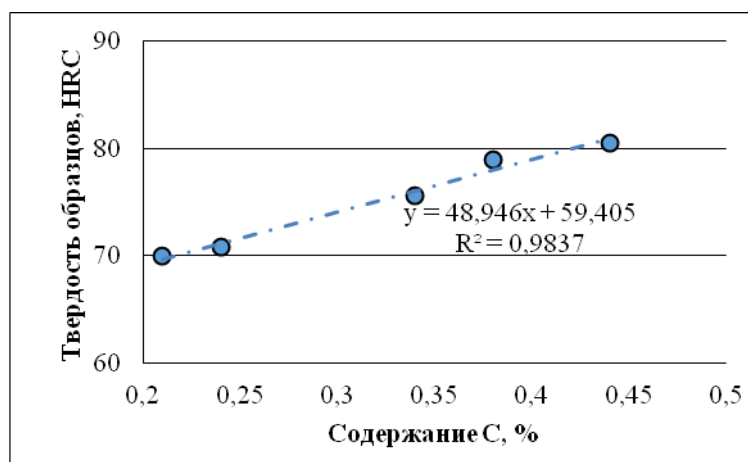


Рисунок 1 - График зависимости твердости (HRC) от содержания углерода (C) в наплавленном металле

Выводы:

В ходе исследования выявлена зависимость повышения твердости образцов от повышения количества углерода (C) в образцах. С повышением содержания углерода в образцах (0,21%, 0,24%, 0,34%, 0,38%, 0,44%) твердость наплавленного слоя возрастает соответственно.

Библиографический список

1. Козырев, Н. А. Влияние углеродфторсодержащей добавки в шихту порошковой проволоки на свойства наплавленного металла / Н. А. Козырев, В. Ф. Игушев, Д. А. Титов // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии : сборник научных трудов. – Москва; Новокузнецк : СибГИУ, 2014. – Вып. 32. - С. 44-47. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

2. Титов, Д. А. Использование порошковой проволоки хромовольфрамового металла для наплавки прокатных валков / Д. А. Титов ; науч. рук. Н. А. Козырев // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении : сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи, 3-5 апреля 2014 г. – Томск : ТПУ, 2014. – С. 67-68. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

3. Козырев, Н. А. Изучение качества наплавленного порошковой проволокой 35B9X3CF валика / Н. А. Козырев, Д. А. Титов, Н. В. Кибко // Обработка материалов: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 26-28 ноября 2015 г. – Томск, 2015. – С. 84-90.

4. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковые проволоки с использованием углеродфторсодержащих материалов для

ремонта прокатных валков/ Н. А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.А. Усольцев, А.А. Уманский, П.Д. Соколов// Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации.– 2018.– Вып. 1 (1417).- С. 77-86.

УДК 621.762.04: [624.567.1:669]

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ МАРКИ ПП-НП-25Х5ФМС

Кашин С.С., В. Белов Д.Е.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: Kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru*

Изучена возможность совершенствования технологического процесса порошковой проволокой марки 25Х5ФМС, содержащая дополнительно углерод фторсодержащую добавку. Подобраны компонентные составы и режимы наплавки. Проведены исследования химического состава наплавленного слоя, а так же проведено металлографическое исследование микрошлифов.

Ключевые слова: порошковая проволока, углеродфторсодержащая добавка, шлак силикомарганца, наплавка, химический состав, микроструктура.

В работе рассмотрена возможность совершенствования технологического процесса наплавки порошковой проволокой ПП-Нп-25Х5ФМС с дополнительно введенной углеродфторсодержащей добавкой.

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях изготовлены образцы порошковой проволоки с использованием пыли газоочистки алюминиевого производства.

В качестве наполнителя использовались порошкообразные материалы: порошок железа марки ПЖВ1 по ГОСТ 9849-86, кремния ФС75 по ГОСТ 1415-93, марганца ФМн78А ГОСТ 4755—91, хрома FeSiCr₁₅ по ГОСТ 11861 – 91, ванадия ФВ40У по ГОСТ 27130-94, молибден Фмо60 по ГОСТ 4759-91, а так же углеродфторсодержащий материал со следующим химическим составом, масс. %: Al₂O₃ =21-46; F =18-27; Na₂O = 8-15; K₂O=0,4 – 6%; CaO=0,7-2,3; SiO₂=0,5-2,5; Fe₂O₃=2,1-3,3; C_{общ}=12,5-30,2; MnO=0,07-0,9; MgO=0,06-0,9; S=0,09-0,19; P=0,10-0,18., аморфный графит ГЛС-1 ГОСТ 17022-81. Расчетный химический состав порошковой проволоки приведен в таблице 1.

Наплавку проводили в 5 слоев при следующих режимах: величиной тока 600А, скорость наплавки 15 м/ч, напряжением 32В.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентном методом на спектрометре XRF-1800 (таблица 2).

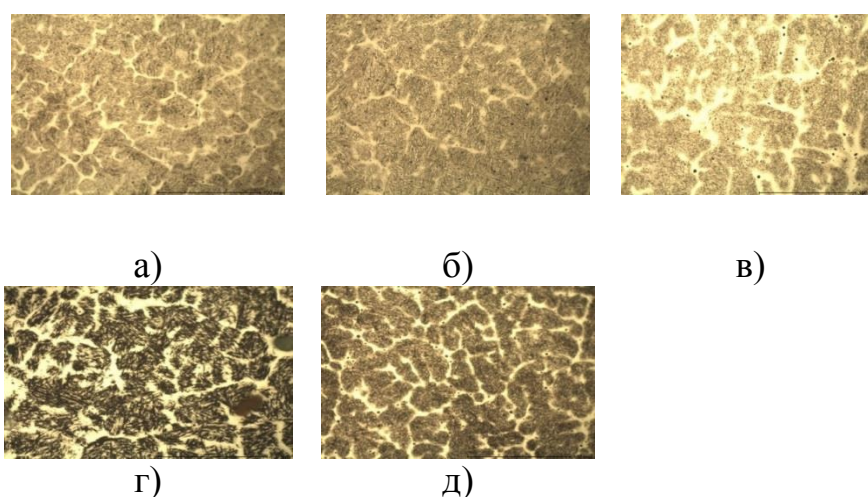
Таблица 1 – Расчетный химический состав порошковой проволоки ПП НП- 25Х5ФМС

№ образца	Порошок углеродсодержащего компонента	Порошок ферросиликохромовая марки FeSiCr15	Порошок ферромарганца ФМн78А	Порошок ферросилиция ФС75	Порошок феррованадия марки ФВ40У 0,6	Порошок ферромolibдена марки ФМо60
1	34,2	59	9	17,3	6	14
2	11,6	59	9	17,3	6	14
3	30	59	9	17,3	6	14
4	37,5	59	9	17,3	6	14
5	45	59	9	17,3	6	14

Таблица 2 – Химический состав наплавленного металла

№	Массовая доля элементов, %												
	С	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Al	Co	Nb
1	0,30	1,37	1,44	0,012	0,023	5,66	0,06	0,04	0,89	0,37	0,026	0,02	0,003
2	0,36	1,36	1,49	0,015	0,023	5,12	0,06	0,04	1,05	0,34	0,010	0,03	0,004
3	0,38	1,57	1,77	0,010	0,022	5,54	0,07	0,05	1,09	0,38	0,030	0,03	0,007
4	0,44	1,75	1,72	0,017	0,022	5,38	0,07	0,05	1,03	0,45	0,030	0,03	0,008
5	0,45	2,00	1,90	0,019	0,022	5,28	0,08	0,08	1,04	0,46	0,025	0,03	0,010

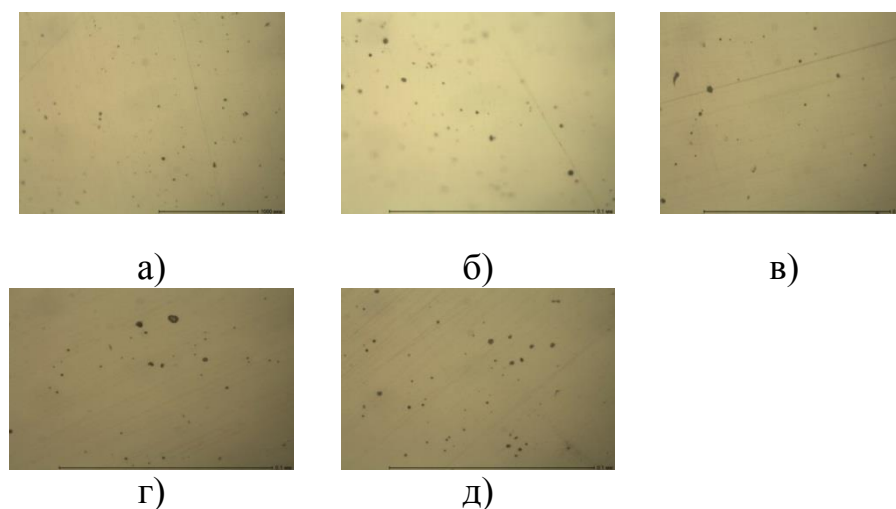
Металлографическое исследование микрошлифов осуществляли с помощью оптического микроскопа OLYMPUSGX-51 при увеличении $\times 100$ – 1000, после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Микроструктура исследуемых образцов приведена на рисунке 1.



а)-микроструктура образца 1, б)-микроструктура образца 2, в)-микроструктура образца 3, г)-микроструктура образца 4, д)-микроструктура образца 5

Рисунок 1 – Микроструктура стали 25Х5ФМС, $\times 500$

Исследование наплавленного слоя образцов на наличие неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении $\times 100$ с помощью металлографического микроскопа ЛабoМет-1И.



а)- образец 1, б) - образец 2, в) - образец 5, г)- образец 6, д)- образец 7

Рисунок 2 – Неметаллические включения стали 25X5ФМС, $\times 100$

Металлографические исследования показали, микроструктура наплавленного слоя имеет феррито-перлитную структуру (65% перлита, 35% феррита), а именно перлитные колонии, по краям которых расположены области структурно-свободного феррита.

По всему шлифу расположено большое количество карбидов хрома. Карбидная сетка однородная, исходя из данных ГОСТ 8233- 56. По ГОСТ 1778-70 установлено, что образцы 2, 3, 4, 5 по шкале неметаллических включений имеют балл загрязнения оксидами точечными 4а, образец 1 по шкале неметаллических включений имеют балл загрязнения оксидами точечными 3а.

Библиографический список

1. Уманский, А. А. Экспериментальные исследования влияния состава порошковых проволок систем легирования C-Si-Cr-V-Mo и C-Si-Mn-Cr-W-V на структуру наплавленного слоя прокатных валков / А. А. Уманский, Н. А. Козырев, Д. А. Титов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2016. – № 4. - С. 74-78.

2. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, Е. Е. Федотов, А. С. Непомнящих // Металлургия: технологии, инновации, качество. Металлургия - 2017 : труды XX Международной научно-практической конференции, 15-16 ноября 2017 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2017. – Ч. 1. - С. 336-339. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

3. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая

проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. С. Непомнящих, А. А. Усольцев, М. В. Попова // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 9. – С. 101-106. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 519.237: 669.018.25

ВЛИЯНИЕ ХРОМА И УГЛЕРОДА В ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКЕ СИСТЕМЫ Fe-C-SI-MN-CR-NI-MO-V НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ И ТВЕРДОСТЬ НАПЛАВЛЯЕМОГО МЕТАЛЛА

Комаров А.А. Осетковский И.В. Сычев А.А.

Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А., канд. техн. наук, доцент Усольцев А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: a.us@rambler.ru*

Исследовано влияние введения хрома и углерода в порошковую проволоку системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V. Установлены зависимости твердости наплавленного слоя и его износостойкости от массовой доли элементов, входящих в состав порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V.

Ключевые слова: Порошковая проволока, наплавка, твердость, скорость износа, микроструктура, неметаллические включения.

В представленной работе изучалось влияние изменения содержания хрома и углерода в составе шихты новой порошковой проволоки системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V на микроструктуру, износ и твердость наплавленного металла.

Изготовление порошковой хромсодержащей проволоки проводили с использованием следующих порошковых материалов: железо ПЖВ1 по ГОСТ 9849-86, ферросилиций ФС 75 по ГОСТ1415-93, высокоуглеродистый феррохром ФХ900А по ГОСТ 4757-91, углеродистый ферромарганец ФМн 78(А) по ГОСТ 4755-91, никель ПНК-1Л5 по ГОСТ 9722-97, ферромolibден ФМо60 по ГОСТ 4759-91, феррованадий ФВ50У 0,6 по ГОСТ 27130-94, кобальт ПК-1У по ГОСТ 9721-79, вольфрам ПВН ТУ 48-19-72-92, в качестве углеродсодержащего материала использовали пыль газоочистки алюминиевого производства следующего состава, в мас. %: $Al_2O_3 = 21-46$; F = 18-27; $Na_2O = 8-15$; $K_2O = 0,4-6$; $CaO = 0,7-2,3$; $SiO_2 = 0,5-2,5$; $Fe_2O_3 = 2,1-3,3$; Собщ = 12,5-30,2; $MnO = 0,07-0,9$; $MgO = 0,06-0,9$; S = 0,09-0,19; P = 0,10-0,18.

Наплавку металла осуществляли в лабораторных условиях на пластины из стали Ст3 в три слоя под флюсом АН-26С с использованием сварочного трактора АSAW-1250 на режиме: сила тока $I = 500A$, напряжение $U = 29B$, скорость сварки $V_{св} = 15$ см/мин.

Результаты определения химического состава наплавленных образцов, их твердости и скорости износа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав наплавленного металла

№ образца	Массовая доля элементов %											Твердость, HRC	Скорость износа, г/об·10 ⁵	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	V	Mo	Al	S			P
1	0,20	0,67	0,77	1,78	0,54	0,08	0,004	1,20	0,52	0,028	0,042	0,019	42	3,29
2	0,22	0,72	0,73	2,62	0,52	0,06	0,001	1,27	0,56	0,028	0,045	0,016	47	3,18
3	0,24	0,72	0,78	3,42	0,52	0,06	0,002	1,26	0,51	0,030	0,042	0,013	48	3,16
4	0,26	0,84	0,75	4,48	0,58	0,06	0,006	1,36	0,55	0,031	0,043	0,013	49	3,10
5	0,28	0,82	0,64	5,22	0,52	0,06	0,001	1,33	0,54	0,031	0,046	0,014	51	3,09

Анализ микроструктуры наплавленных слоев (рисунок 1) показал, что при одновременном увеличении содержания хрома с 1,8 до 5,2 % в наплавленном металле и повышении количество углерода с 0,20 до 0,28 %, в структуре всех наплавленных слоев указанного состава содержатся участки мартенситной или трооститной структуры, ферритные межзеренные прослойки, а также выделения карбидов преимущественно хрома.

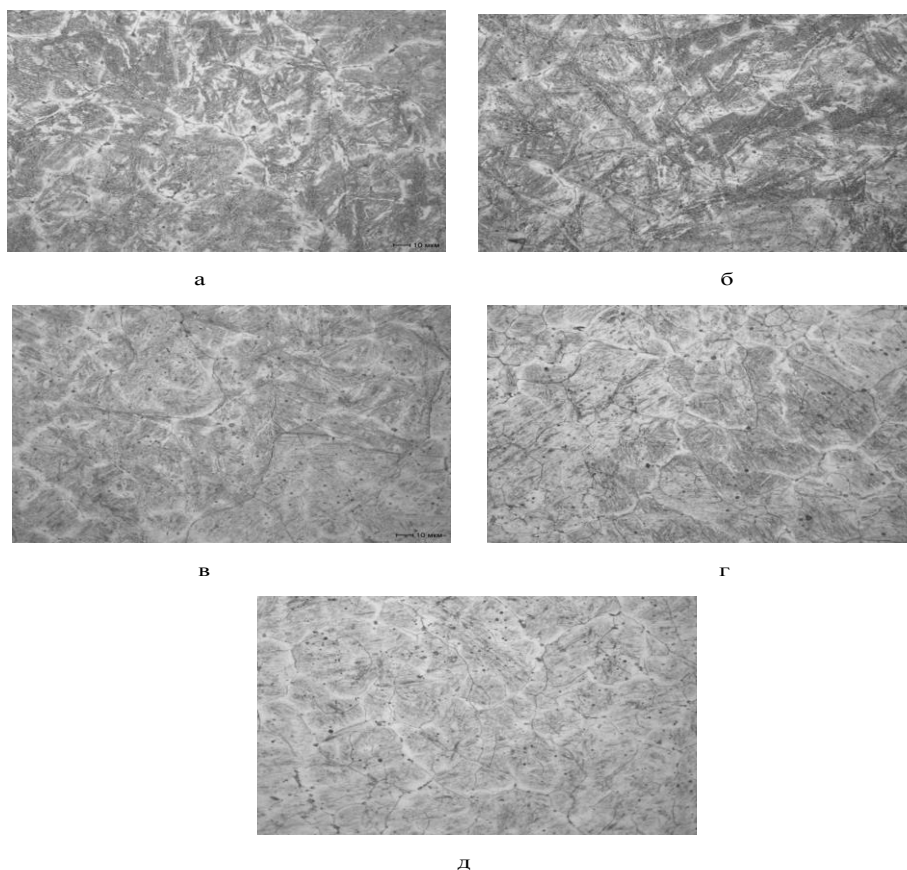


Рисунок 1 – Микроструктура наплавленного слоя образцов с различным содержанием хрома: 1-ый (а), 2-ой (б), 3-ий (в), 4-ый (г), 5-ый (д), × 500

С увеличением в наплавленном металле содержания хрома в его структуре уменьшается объемная доля феррита, что выражается в уменьшении размеров ферритных участков и толщины прослоек феррита, выделившегося по границам бывших аустенитных зерен. Причем, при малых содержаниях хрома (образцы № 1,2) участки феррита характеризуются грубой пластинчатой формой со средним размером 15–40 мкм. Кроме того, при небольших содержаниях хрома в структуре наплавленного слоя имеются участки пластинчатого мартенсита, троостита и перлита. Увеличение хрома в наплавленном металле до 4–5 % приводит к наличию (появлению) в металле только мартенситной структуры с прослойками феррита по границам зерен бывшего аустенита. При этом мартенсит имеет мелкоигльчатый тип со значительно меньшим размером игл. Так, для наплавленного образца с 5,2 % хрома и 0,28 % углерода (№ 5) средний размер мартенситных игл составляет 3–8 мкм.

Следует отметить, что в структуре более легированных хромом образцов (№ 4 и 5) присутствует повышенная объемная доля карбидной фазы, в состав которой входят, преимущественно, монокарбиды хрома, а также сложные карбиды, содержащие железо, хром, ванадий. Размер таких частиц, расположенных равномерно по сечению образца, не превышает 2 мкм.

Математико-статистическими методами проведена оценка влияния химического состава порошковых проволок на скорость износа и твердость наплавленного слоя, позволившая изучить закономерности изменения результирующего показателя в зависимости от поведения различных факторов. Таким образом, углерод, хром, а так же кремний и ванадий в исследуемых пределах, одновременно повышают твердость наплавленного слоя и уменьшают скорость износа образцов (рисунки 2-5), при этом концентрации углерода и хрома обеспечивают качественное нанесение наплаваемого слоя (без пор, раковин и трещин) без применения специальных мероприятий - дополнительного подогрева обрабатываемой детали и нанесения переходной подложки для наплавки.

Полученные зависимости использованы при разработке химического состава новых порошковых проволок.

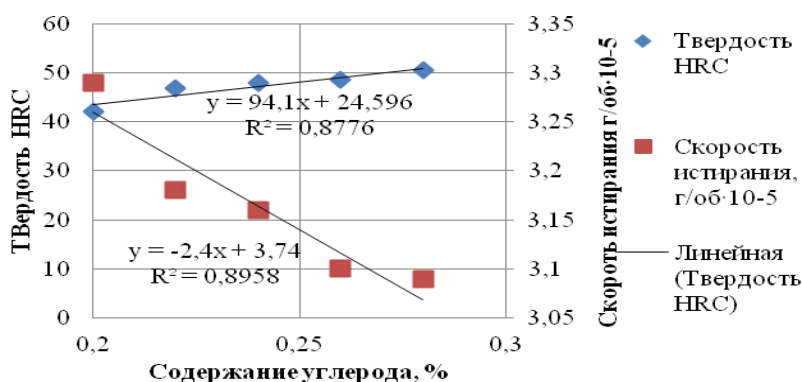


Рисунок 2 – Влияние содержания углерода на твердость и скорость истирания наплавленных слоев

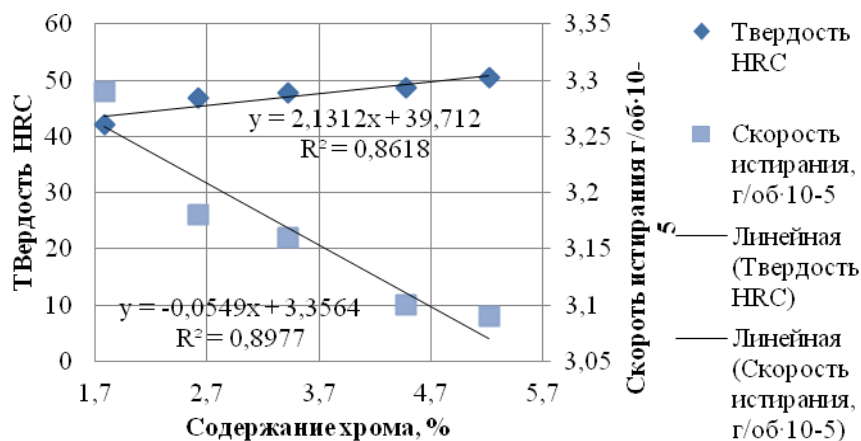


Рисунок 3 – Влияние содержания хрома на твердость и скорость истирания наплавленных слоев

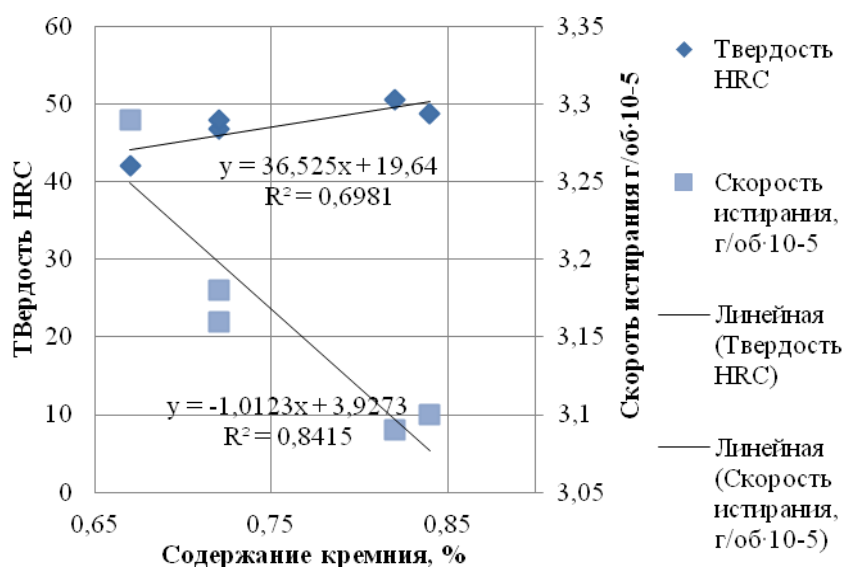


Рисунок 4 – Влияние изменения концентрации кремния на твердость и скорость истирания

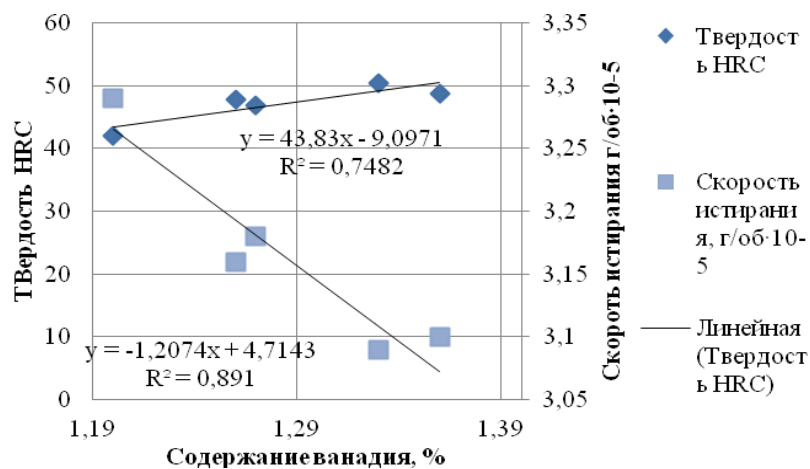


Рисунок 5 – Влияние изменения концентрации ванадия на твердость и скорость истирания

Выводы:

1. Установлено, что при увеличении содержания хрома и углерода в наплавленных слоях металла повышается их твердость и снижается абразивный износ.

2. Определенно, что с повышением содержания хрома от 1,8 до 5,2 % в наплавленном металле и повышении количество углерода с 0,20 до 0,28 %, увеличивается твердость образцов и уменьшается скорость износа, за счет формирования мартенситной структуры наплавленного металла, а так же за счет увеличения объемной доли карбидной фазы хрома.

Библиографический список

1. Гусев А.И., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Попова М.В., Крюков Р.Е. Изучение структуры и свойств металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2017. Т.4.– № 2 . - С. 113-119.

2. Разработка порошковой проволоки для наплавки деталей, работающих в условиях износа / Гусев А.И., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Бащенко Л.П.// Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. — т. 61. № 11. – С. 898-906.

3. Влияние введения вольфрама и хрома на свойства металла, наплавленного порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Mo-Ni-V-Co / Гусев А.И., Козырев Н.А., Кибко Н.В., Крюков Р.Е., Осетковский И.В // Заготовительные производства в машиностроении. -2019. -Том 17. -№ 2. -С. 56-60.

4. Сравнительный анализ абразивной износостойкости металла, наплавленного порошковыми проволоками систем Fe-C-Si-Mn-Ni-Mo-W-V и Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V / Осетковский И.В., Козырев Н.А., Гусев А.И., Крюков Р.Е., Попова М.В.// Заготовительные производства в машиностроении. - 2019. -Том 17. -№ 5. -С. 198-202.

УДК 621.791:624

СВОЙСТВА НАПЛАВОЧНЫХ ФЛЮСОВ, НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА

Михно А.Р., Кречетов Е.К., Евсюков И.А., Киселев П.В., Тюрин А.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru*

В данной работе рассмотрено сравнение сварочных (наплавочных) флюсов изготовленных из шлаковых отходов производства силикомарганца

с флюсами АН-26С, АН-67 и АН-348А. Проведены исследования изучения твердости и износостойкости наплавленных слоев. Наплавка производилась на стальные пластины марки 09Г2С, сварочной проволокой Св-08ГА.

Ключевые слова: флюсы, шлак силикомарганца, износостойкость, наплавка под флюсом, твердость.

Для восстановления поверхности изношенных деталей используется метод наплавки под сварочными флюсами. Широкое распространение в РФ имеют сварочные флюсы марок АН-26С, АН-67 и АН348-А и др. Стоимость проведение таких работ во многом зависят от сварочных материалов. Для повышения качества восстановленной поверхности и снижение себестоимости проведение таких работ предложено использование ранее разработанного сварочного (наплавочного) флюса на основе шлака силикомарганца [1-3].

В лабораторных условиях НПЦ «Сварочные процессы и технологии» проведены наплавочные работы под сварочными флюсами: шлак силикомарганца АН-26С, АН-67 и АН348-А с химическим составом представленным в таблице 1,2.

Таблица 1 - Химический состав флюса на основе шлака силикомарганца

Массовая доля элементов, %														
FeO	MnO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	S	P	ZnO	C	F	TiO ₂	Cr ₂ O ₃
0,52	16,15	29,13	42,40	6,80	1,39	0,18	0,59	0,23	0,022	0,004	0,024	0,32	0,17	0,033

Для проведения наплавки были использованы следующие режимы: сила тока – 410 А, напряжение – 27 В, скорость наплавки – 30 см/мин. Погонная энергия 22960 Дж/см.

После проведения наплавки данные образцы были исследованы на химический состав и проведение механических испытаний на износ и определения твердости. Химический состав наплавленных слоев представлен в таблице 3. Результаты проведения механических испытаний на износ и определения твердости представлены в таблице 4

Таблица 2 – Химический состав флюсов изготовленных по ГОСТ 52222-2004 и ГОСТ 9087-81

Флюс	Массовая доля элементов, %											
	SiO ₂	MnO	MgO	CaF ₂	CaO	FeO	S	P	Al ₂ O ₃	TiO ₂	C	
АН-26С по ГОСТ 9087-81	28-32	14-18	6,5-10,5	9-13	13-17	≤2	≤0,08	≤0,05	-	-	-	
АН-67 по ГОСТ 52222-2004	12-16	14-18	-	11-16	≤10	≤1,0	≤0,05	≤0,05	35-40	4-7	0,01	
АН-348А по ГОСТ Р 52222-2004	40-44	31-38	≤7	11-16	3-6	≤2,5	≤0,11	≤0,12	≤13	-	-	

Таблица 3 – Химический состав наплавленных слоев

Флюс	Массовая доля элементов, %													
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	S	P
SiMn	0,07	0,58	1,20	0,03	0,80	0,16	0,002	0,015	0,001	0,30	0,007	0,003	0,053	0,010
АН-26С	0,06	0,32	0,39	0,03	0,91	0,18	0,001	0,014	0,001	0,35	отс.	0,001	0,004	0,010
АН-67	0,07	0,28	1,18	0,03	0,83	0,16	0,006	0,011	0,003	0,32	0,006	0,004	0,007	0,023
АН-348А	0,08	0,50	1,20	0,03	0,85	0,16	0,012	0,020	0,005	0,32	0,015	0,005	0,006	0,020

Таблица 4 – Результаты механического испытания на износостойкость и твердость наплавленных слоев

Флюс	Вес до стирания, гр.	Вес после стирания, гр.	Потеря веса, гр.	Кол-во оборотов, 20 об/мин.	Износ г/обр*10 ⁻⁴	Твердость наплавленного слоя, НВ
SiMn	96,0826	95,6409	0,4417	3520	1,25	202
АН-26С	91,4762	90,8558	0,6204	3450	1,80	187
АН-67	77,8300	76,6391	1,1909	3420	3,48	181
АН-348А	83,9921	83,3386	0,6535	3620	1,81	210

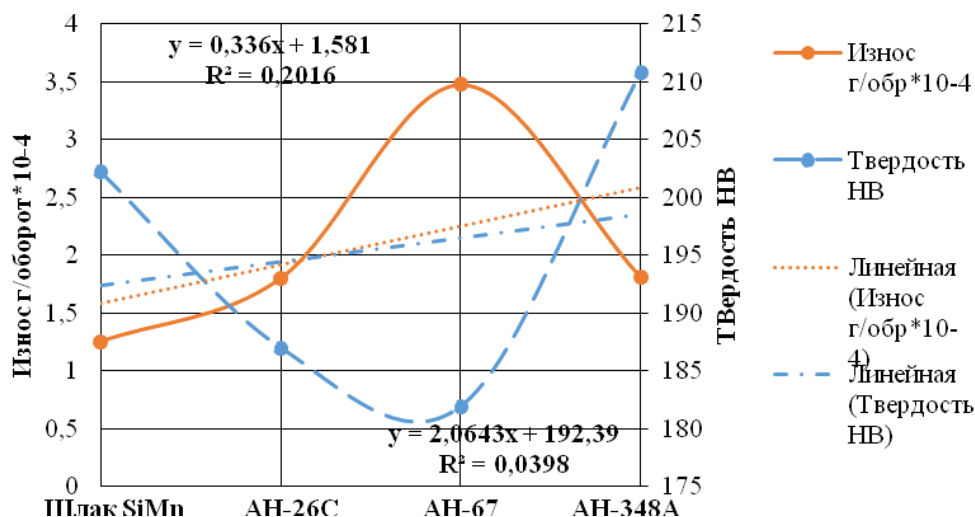


Рисунок 1 – Износостойкость и твердость наплавленных образцов.

Как видно из рисунка 1, наибольшей износостойкостью и твердостью обладает наплавленный слой под флюсом на основе шлака силикомарганца. Исходя из полученных результатов, можно утверждать, что использование сварочного флюса на основе шлака силикомарганца не уступает флюсам изготовленным по ГОСТ.

Выводы:

1. В ходе проведенной работы, была изучена возможность использования шлака силикомарганца в качестве наплавочного флюса.
2. Использование шлака силикомарганца значительно снижает себе-

стоимость наплавочных работ, при этом наплавленный металл имеет высокую износостойкость и твердость.

Библиографический список

1. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. А. Усольцев, А. Р. Михно, Л. П. Бащенко // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 6 (1422). – С. 55-66. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

2. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. А. Усольцев, А. Р. Михно, Л. П. Бащенко // Сварка и контроль - 2018 : материалы международной научно-технической конференции, посвященной 130-летию изобретения Н.Г. Славяновым электродуговой сварки плавящимся электродом, 18-21 сентября 2018 г. – Пермь, 2018. – С. 168-182. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

3. Использование барий-стронциевого карбонатита при изготовлении сварочных флюсов на основе шлака производства силикомарганца / Р. Е. Крюков, Н. А. Козырев, Л. П. Бащенко, О. Е. Козырева, А. Р. Михно // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61, № 8. – С. 596-600. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 621.791:624

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ ШВОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮСОВ

Михно А.Р. Киселев П.В., Тюрин А.А.

**Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
канд., техн. наук Крюков Р.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: mikno-mm131@mail.ru*

Приведены исследования нового сварочного флюса на основе шлака производства силикомарганца. Исследовано влияния изменения энерго - технологических режимов сварки на химический состав, твердость, механические свойства, содержание водорода в сварном шве. Представлены зависимости содержания водорода от изменения режимов сварки.

Ключевые слова: сварка, сварочные флюсы, шлак силикомарганца, механические свойства, твердость, ударная вязкость, предел текучести.

В настоящее время широкое распространение в РФ получили сварочные флюсы, изготовленные на основе оксидов марганца типа АН-348А, АН-

67, АН-39С [1]. В условиях СибГИУ проведен ряд работ по использованию в качестве аналогов таких сварочных флюсов шлака производства силикомарганца [2-5]. При этом существенное влияние на качественные показатели сварного шва оказывают режимы сварки. Целью данной работы является исследование влияния энерго - технологических режимов сварки под флюсом, изготовленным из шлака производства силикомарганца, на физико-механические свойства сварного шва, полученного при автоматической сварке проволокой Св-08ГА низколегированной стали 09Г2С под данным флюсом.

Для оценки сварочно-технологических свойств разрабатываемых флюсов была использована проба обогащенного шлакового щебня с химическим составом, мас. %: 0,42 FeO, 16,22 MnO, 29,00 CaO, 41,34 SiO₂, 6,53 Al₂O₃, 1,33 MgO, 0,24 S, 0,022 P, 0,008 ZnO, 0,031 C, 0,31 F, 0,15 TiO₂, 0,025 Cr₂O₃

Сварка образцов из стали 09Г2С толщиной 20мм, производилась встык без разделки кромок, сварочной проволокой Св-08ГА с помощью сварочного трактора АSAW-1250. Были исследованы различные режимы сварки, обеспечивающие необходимую глубину провара и отсутствие внешних дефектов (пор, трещин, раковин). Режимы сварки (таблица 2) образцов выбирались методом полнофакторного математического планирования эксперимента.

При испытании, исследовании, измерении было использовано оборудование НПЦ «Сварочные процессы и технологии» и Центра коллективного пользования «Материаловедение» СибГИУ.

Таблица 2 – Режимы сварки образцов

Номер эксперимента	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость сварки, см/мин	Погонная энергия, Дж/см
0	700	30	30	42000
1	600	28	28	36000
2	600	30	32	33750
3	600	32	30	38400
4	650	28	32	34125
5	650	30	30	39000
6	650	32	28	44571
7	700	28	30	39200
8	700	30	28	45000
9	700	32	32	42000

После проведения сварочных работ образцы вырезались для проведения следующих исследований: определение химического состава сварных швов (таблица 3), изучение макро и микроструктуры, изучение твердости НВ (таблица 4), определение содержания водорода (таблица 3, рисунки 1,2), проведение механических испытаний (таблица 5).

Таблица 3 – Химический состав сварных швов

№ образ-ца	Массовая доля элементов, %											Содержание Н, см ³ /100г
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	Mo	Al	S	P	
0	0,11	0,41	1,16	0,05	0,31	0,15	0,002	0,10	0,009	0,014	0,014	1,1
1	0,07	0,48	1,24	0,05	0,43	0,16	0,001	0,14	0,012	0,013	0,016	1,2
2	0,08	0,54	1,38	0,06	0,28	0,17	0,003	0,08	0,018	0,014	0,014	1,1
3	0,08	0,51	1,31	0,06	0,32	0,15	0,001	0,10	0,014	0,014	0,013	1,4
4	0,08	0,49	1,20	0,05	0,45	0,17	0,002	0,16	0,013	0,011	0,015	1,1
5	0,07	0,50	1,26	0,05	0,43	0,17	0,003	0,14	0,002	0,012	0,018	1,1
6	0,07	0,49	1,25	0,05	0,40	0,16	0,002	0,13	отс.	0,012	0,015	1,0
7	0,09	0,50	1,23	0,04	0,41	0,13	0,001	0,14	0,014	0,011	0,011	1,3
8	0,09	0,50	1,31	0,06	0,31	0,17	0,001	0,09	0,019	0,014	0,013	1,0
9	0,07	0,53	1,27	0,05	0,37	0,15	0,002	0,12	0,010	0,015	0,016	0,9

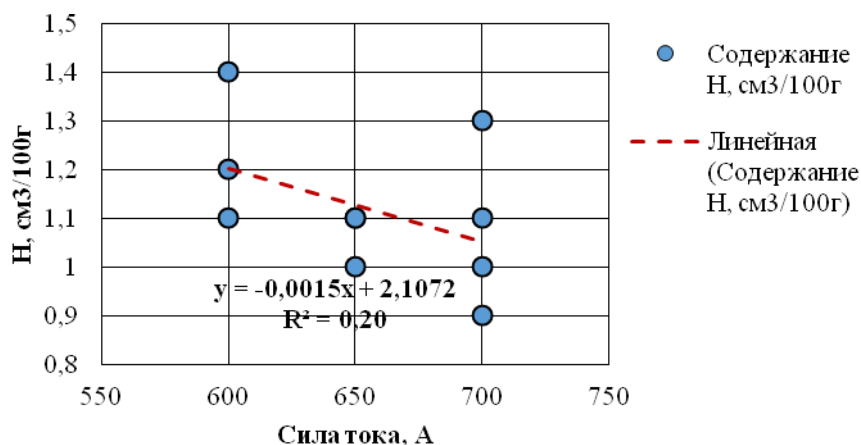


Рисунок 1- Зависимость содержания водорода в сварных швах от изменения силы тока при сварке

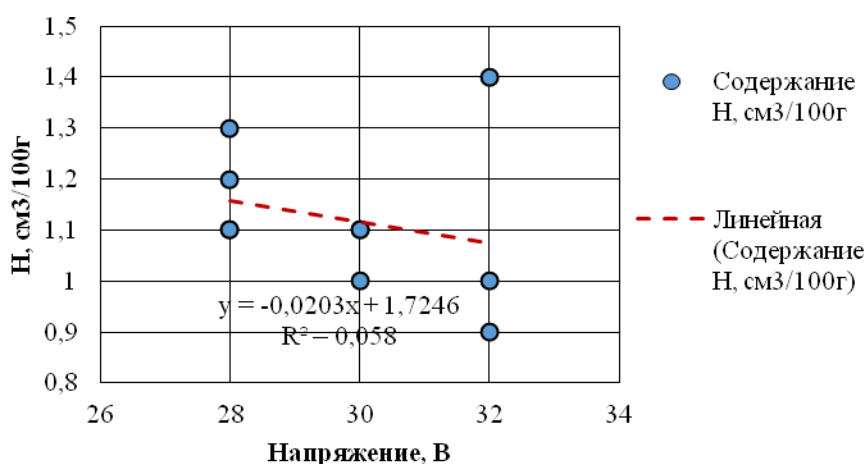


Рисунок 2- Зависимость содержания водорода в сварных швах от изменения напряжения при сварке

Твердость по Бринеллю (НВ) исследуемых сварных образцов измерялась с помощью твердомера УЗИТ-3 по схеме, представленной на рисунке 1. Результаты замеров приведены в таблице 4, и на рисунке 2.

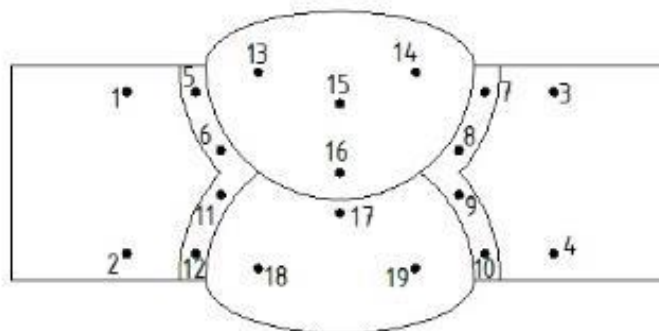


Рисунок 1 – Схема замера твердости сварных образцов

Таблица 4 – Замеры твердости сварных образцов, НВ

№ образца	Основной металл, точки												Сварной шов, точки						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	176	160	181	168	178	194	169	186	184	179	185	174	191	186	186	192	174	168	178
1	196	200	172	193	194	186	191	205	204	169	161	191	188	147	193	215	230	220	196
2	162	189	179	185	172	206	197	206	214	210	202	188	199	220	246	237	229	237	235
3	192	235	180	196	234	181	208	189	187	172	235	211	270	247	230	238	209	187	214
4	221	164	170	176	207	223	193	188	205	201	203	229	227	185	212	245	205	228	218
5	215	198	203	182	234	220	253	257	255	262	221	258	204	224	227	276	213	249	265
6	158	172	179	175	173	203	189	185	155	205	195	187	218	264	247	210	194	178	212
7	158	150	187	202	164	175	177	166	188	188	167	185	195	219	225	201	205	213	229
8	180	208	230	186	221	224	318	317	318	298	167	280	240	305	284	187	178	280	209
9	142	176	164	133	147	161	177	163	175	207	190	181	166	218	211	203	212	159	201

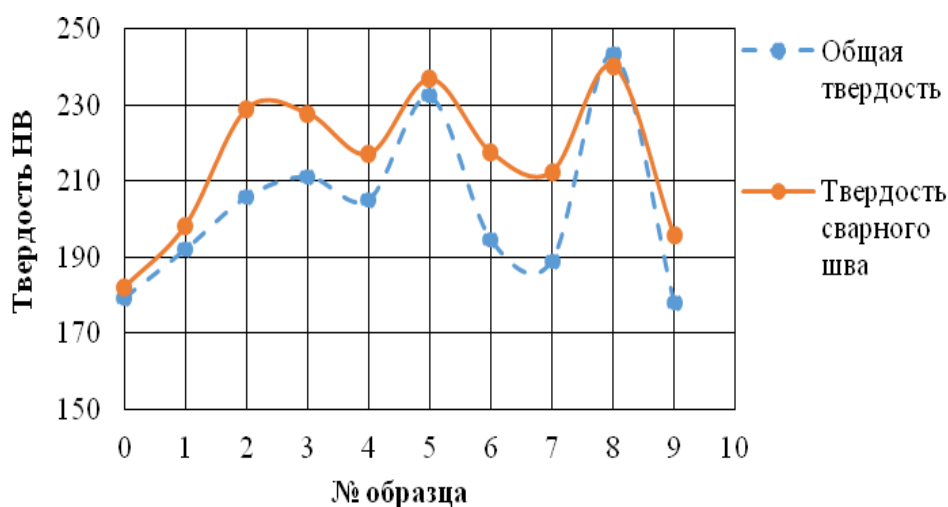


Рисунок 2 – Твердость НВ полученных образцов

Таблица 5 – Механические свойства сварных швов

№ образца	Временное сопротивление разрыву σ_B , н/мм ²	Предел текучести условный σ_T , н/мм ²	Относительное удлинение δ , %	KCV +20°C	KCV -20°C
0	576	482	21	<u>68*</u> 63-75**	<u>22,3*</u> 20-26**
1	563	470	21	<u>59,6</u> 49-81	<u>20,3</u> 15-31
2	582	481	22	<u>64,3</u> 60-69	<u>20,6</u> 17-25
3	560	430	21	<u>66,3</u> 52-77	<u>32</u> 27-35
4	570	459	21	<u>59,33</u> 56-62	<u>30</u> 27-32
5	570	466	22	<u>67,3</u> 59-73	<u>32</u> 31-33
6	563	462	21	<u>59,3</u> 53-65	<u>29,6</u> 27-34
7	572	456	21	<u>70,6</u> 63-85	<u>30,6</u> 27-33
8	570	464	21	<u>58,3</u> 53-67	<u>29,3</u> 23-33
9	553	440	22	<u>62</u> 55-68	<u>23,3</u> 18-27
Флюс АН-348А (Образец сравнения)	543	368	25	<u>55</u> 52-58	<u>18</u> 16-21
* - средние значения; ** - минимальные и максимальные значения.					

Выводы:

1. Полученные результаты проведенных исследований показали влияния изменения энерготехнологических режимов на изменения химического состава, физико-механических свойств сварных швов.

2. Содержание водорода в сварных швах указывает, что при прочих равных условиях, концентрация водорода зависит от силы тока, напряжения и скорости сварки. Все отобранные пробы удовлетворяют требованиям по содержанию водорода - концентрация водорода во всех пробах менее 2 см³/100г. 3. Исследуемые составы флюсов могут быть рекомендованы для наплавки деталей работающих в условиях абразивного износа.

3. Результаты исследования механических свойств указывают что применение флюса на основе шлака производства силикомарганца не уступают значениям при использовании сварочного флюса марки АН-348А.

Библиографический список

1. Сварочные материалы для дуговой сварки : справочное пособие. В 2 томах. Т. 1. Защитные газы и сварочные флюсы / Б.П. Конищев, С.А. Курланов, Н.Н. Потапов и др. ; под общ. ред. Н.Н. Потапова. – Москва : Машино-

строение, 1989 – С. 104.

2. Разработка новых сварочных флюсов на основе шлака силикомарганца / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. А. Усольцев, А. Р. Михно, Л. П. Бащенко // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 6 (1422). – С. 55–66. – Библиогр.: с. 63.

3. Использование барий-стронциевого карбонатита при изготовлении сварочных флюсов на основе шлака производства силикомарганца / Р. Е. Крюков, Н. А. Козырев, Л. П. Бащенко, О. Е. Козырева, А. Р. Михно // Известия вузов. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61, № 8. – С. 596–600. – Библиогр.: с. 599.

4. Use of barium – strontium modifier in manufacturing welding flux based on silicomanganese slag for welding and surfacing mining equipment / N A Kozyrev, A R Mikhno, R E Kryukov, N F Yakushevich and A A Provodova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 206 (2018) 012033 doi :10.1088/1755-1315/206/1/012033.

5. Use of silicomanganese slag and ladle electric steelmaking slag in manufacturing the welding fluxes for surfacing the mining equipment / N A Kozyrev, A R Mikhno, A A Usoltsev, R E Kryukov and A A Umanskiy // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 206 (2018) 012032 doi :10.1088/1755-1315/206/1/012032.

УДК 621.791:624

**МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ
СВАРНЫХ ШВОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Постников А.В., Михно А.Р., Апапина В.О.

Научный руководитель: д-р техн. наук., профессор Попова М.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: Antoha19962010@mail.ru*

В работе приведены результаты исследования наплавленных образцов выполненных с помощью наплавки под слоем флюса, изготовленных на основе ковшевого электросталеплавильного шлака, углерод-фторсодержащей добавки, стронций-бариевой флюс-добавки. Методами оптической микроскопии рассмотрено влияние состава сварочного флюса на неметаллические включения наплавленного слоя.

Ключевые слова: ковшевой электросталеплавильный шлак, неметаллические включения, наплавка под флюсом, углерод-фторсодержащая добавка, стронций-бариевая флюс-добавка, структура.

Для удешевления производства и изготовления сварочных и наплавочных материалов, а также снижения уровня загрязненности по неметаллическим включениям в последнее время используются более легкоплавкие шлаковые системы, в том числе с применением техногенных отходов металлургического производства. Важным и перспективным направлением в сварочном производстве является разработка новых сварочных флюсов для наплавки с использованием техногенных металлургических отходов [1-3].

В качестве основы сварочного флюса использовали ковшевой электросталеплавильный шлак фракции менее 0,2 мм приготовленных с жидким стеклом в соотношении 62 % и 38 % соответственно. После чего осуществляли 24-часовую выдержку при комнатной температуре, с последующей сушкой в печи при температуре 300 °С, охлаждением, дроблением и просевом с выделением фракции 0,45мм.

Приготовление углерод-фторсодержащей добавки проводили следующим образом: мелкодисперсную пыль электрофильтров алюминиевого производства смешивали с жидким стеклом в соотношении 50% и 50% соответственно. После чего осуществляли 24-часовую выдержку при комнатной температуре, с последующей сушкой в печи при температуре 350 °С, далее смесь охлаждалась, дробилась и просеивалась с выделением фракции 0,45мм.

Приготовление стронций-бариевой флюс - добавки проводили путем смешения барий - стронциевого модификатора фракции менее 0,2мм с жидким стеклом в соотношении 75 % и 25 % соответственно; после чего осуществляли 24-часовую выдержку при комнатной температуре, с последующей сушкой в печи при температуре 300 °С, охлаждением, дроблением и просевом с выделением фракции 0,45-2,5мм.

После подготовки всех компонентов проводилось их смешение в различных соотношениях, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав наплавочного флюса, %

Маркировка флюса	Ковшевой электросталеплавильный шлак	Барий-стронциевый модификатор	Углерод-фторсодержащая добавка
1	90	8	2
2	90	6	4
3	90	4	6
4	85	8	7
5	85	6	9
6	80	10	10

После подготовки флюса наплавку производили на образцах 300×150 мм толщиной 20 мм из листовой стали марки 09Г2С. Процесс наплавки проводили с помощью сварочной проволоки Св-08ГА диаметром 4 мм с использованием сварочного трактора АSAW-1250 на различных режимах.

Исходя из внешнего вида наплавленных образцов, был подобран оп-

тимальный режим наплавки (сила тока 680А, напряжение 28В, скорость сварки 28 м/ч), обеспечивающий удовлетворительный внешний вид и отсутствие пор и трещин.

После наплавки был проведен химический анализ, механические испытания на износ, испытания микротвердости данных образцов. Результаты химического анализа образцов, наплавленных с помощью различных вариантов флюса, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав наплавленных образцов, %

№ пробы	Массовая доля элементов, %													
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Nb	S	P
1	0,09	0,40	0,68	0,04	0,74	0,17	0,003	0,017	0,002	0,27	0,031	0,007	0,16	0,018
2	0,09	0,73	0,68	0,04	0,75	0,15	0,003	0,020	0,001	0,28	0,195	0,006	0,17	0,026
3	-	0,51	0,71	0,04	0,71	0,15	-	0,007	-	0,26	0,057	0,009	0,17	0,015
4	0,14	0,43	0,69	0,04	0,72	0,16	-	0,003	0,001	0,26	0,011	0,009	0,16	0,025
5	0,17	0,78	0,71	0,04	0,79	0,17	0,004	0,013	0,002	0,29	0,191	0,009	0,16	0,025
6	0,16	0,64	0,70	0,04	0,78	0,16	0,002	0,019	-	0,28	0,169	0,009	0,16	0,021

Определение микротвердости в структурных составляющих наплавленного слоя проводилось с помощью цифрового микротвердомера HVS-1000. Во время испытаний нагрузка на образец составляла 100 кгс/мм², время выдержки – 10 с. Результаты испытаний микротвердости и износостойкости представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты износостойкости и микротвердости

№ образца	Скорость износа г/об·10 ⁻⁴	Микротвердость, HV
1	2,7352	157,44
2	1,3836	172,09
3	2,2800	180,62
4	1,6115	186,64
5	1,9954	213,41
6	1,8953	207,08

Согласно полученным данным (таблица 3), наибольшей износостойкостью обладает образец, наплавленный под флюсом с соотношением по мас. %: ковшевой шлак – 90 %, углерод-фторсодержащая добавка – 4 %, барий-стронциевый модификатор – 6 % (образец №2). Наибольшее значение микротвердости имеет образец, наплавленный под флюсом с соотношением мас. %: ковшевой шлак – 85 %, углерод-фторсодержащая добавка – 9 %, барий-стронциевый модификатор – 6 % (образец №5).

Металлографическое исследование проводилось на нетравленных микрошлифах с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 при увеличении ×100. Результаты анализа на наличие неметаллических

включений в зоне наплавленного шва, проведенного согласно ГОСТ 1778-70, приведены на рис. 1 и в таблице 4. Баллы неметаллических включений устанавливали при просмотре всей площади наплавленных швов нетравленных шлифов. В каждом поле зрения определяли размеры отдельно по каждому виду неметаллических включений методом сравнения с эталонными шкалами.

Таблица 4 – Неметаллические включения в зоне наплавленного слоя

Образец №	Неметаллические включения, балл	
	Оксиды точечные	Силикаты недеформирующиеся
1	4а	3б
2	3а	2б
3	3а	3б
4	4а	4б
5	4а	4б; 3а
6	3а	3б

Согласно проведенным исследованиям, образец № 2, с компонентным составом: ковшевой шлак - 90 %, барий-стронциевый модификатор – 6 %, углерод-фторсодержащая добавка – 4 %, по сравнению с другими образцами имеет минимальный уровень загрязненности неметаллическими включениями.

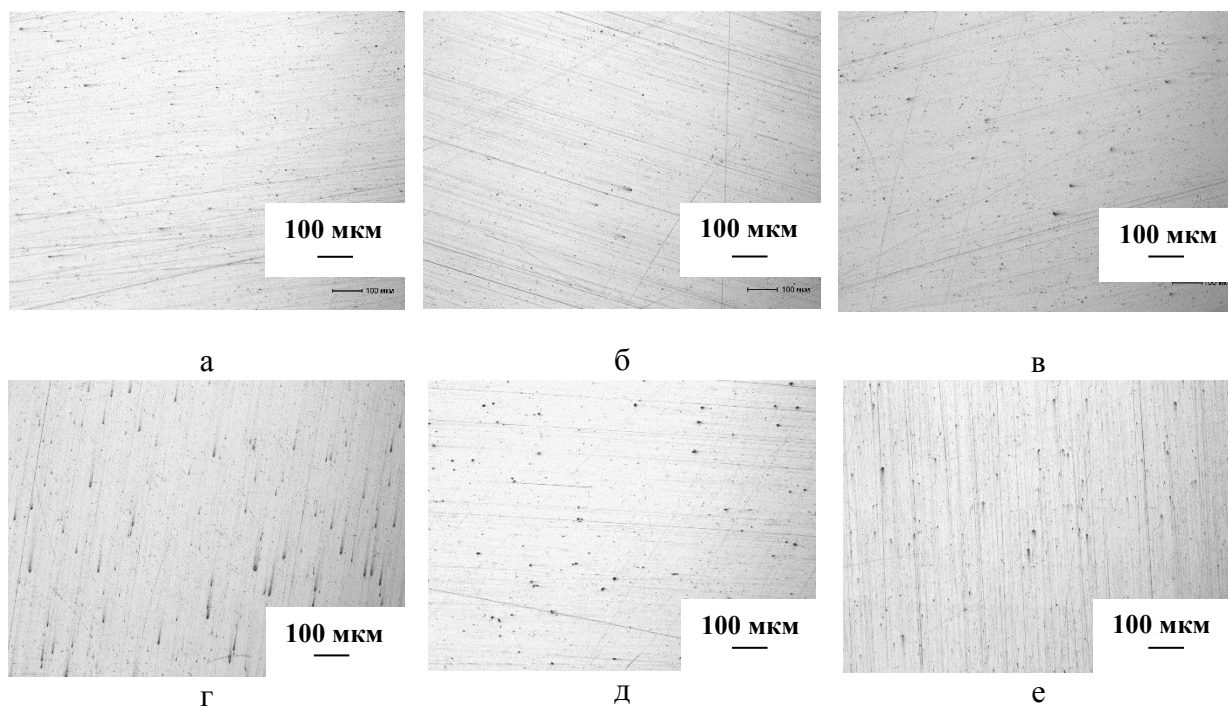


Рисунок 1 – Неметаллические включения в зоне наплавленного слоя на поверхности стали 09Г2С: а) образец 1; б) образец 2; в) образец 3; г) образец 4; д) образец 5; е) образец 6

Выводы:

1. По результатам данных исследований можно заключить, что

наименьшим уровнем загрязненности неметаллическими включениями обладают образцы, наплавленные под флюсом, содержащим ковшевой электросталеплавильный шлак – 90 %, барий-стронциевый модификатор – 6 %, углерод-фторсодержащая добавка – 4 %.

2. Результаты испытаний на микротвердость и износостойкость наплавленных слоев, показали, что наилучшие значения получены при наплавке под флюсом следующего состава, мас. %: ковшевой шлак - 85 %, барий-стронциевый модификатор – 6 %, углерод-фторсодержащая добавка – 9 % и ковшевой шлак - 90 %, барий-стронциевый модификатор – 6 %, углерод-фторсодержащая добавка – 4 %.

Библиографический список

1. Козырев Н.А. Исследование и разработка сварочных флюсов с использованием ковшевого электросталеплавильного шлака и барий-стронциевого модификатора для наплавки прокатных валков / Н.А. Козырев, Р.Е. Крюков, А.А. Уманский, А.Р. Михно, Л.В. Думова // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2018. – Т. 61. – № 4. – С. 274 – 279.

2. Титаренко В.И. Восстановительная наплавка валков прокатных станов порошковой проволокой / В.И. Титаренко, А.А. Голякевич, Л.Н. Орлов, В.В. Мосыпан, М.А. Бабенко, Д.В. Телюк, В.В. Тарасенко // Сварочное производство. – 2013. – № 7. – С. 29 – 32.

3. Наумов С.В. О фракционном составе сварочных флюсов / С.В. Наумов, Канина А.Е., А.М. Игнатова, М.Н. Игнатов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 2. – С. 126 – 169.

УДК 621.1819

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ

Шавлов И.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проведена оценка применения золошлаковых отходов ТЭЦ в промышленном производстве. Показана роль золошлаковых отходов в структуре энерго- и ресурсосбережения. Представлены результаты исследования процесса получения строительных изделий из золошлаковых отходов ТЭЦ

Ключевые слова: золошлаковые отходы, промышленное производство, вяжущие свойства, строительные изделия, перспективы использования золошлаковых отходов ТЭЦ.

Переработка золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭЦ и использование их в дорожном строительстве, в производстве строительных материалов, в огнеупорной промышленности, в сельском хозяйстве и в других отраслях техники позволяет расширить сырьевую базу этих технологий и решить экологические проблемы в промышленной теплоэнергетике [1, 2]. Экологическая составляющая технологии рециклинга ЗШО ТЭЦ и требования законодательства по охране окружающей среды обусловлены тем, что значительные объемы золы и шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Транспортировка, складирование и содержание золошлаковых отходов требуют материальных и финансовых затрат. Золоотвалы загрязняют воздушный и водный бассейны и меняют химико-минерального состава почв и сельхозугодий. Пыление золоотвалов при сильных ветрах и неблагоприятных погодных условиях (повышенная влажность воздуха, туманы) формирует вторичное загрязнение окружающей среды, отрицательно влияет на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Поэтому ликвидация золоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе.

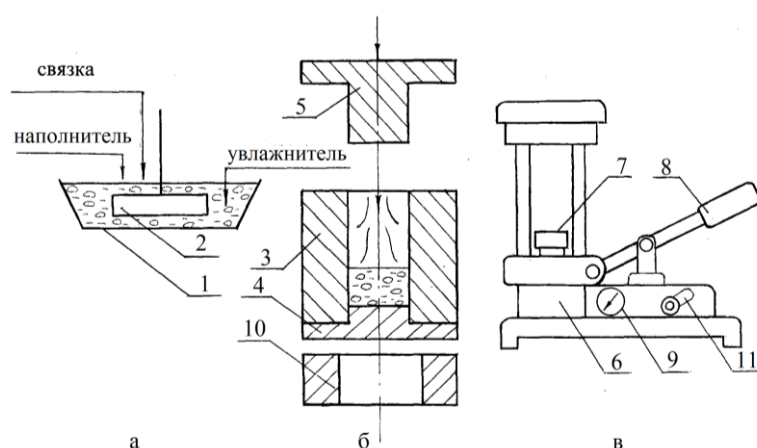
Потребление ЗШО ТЭЦ в последние годы в развитых странах достигает 50-90 % от общего количества образующихся отходов, что должно побуждать отечественных производителей выпускать перспективную товарную продукцию на основе золошлаковых отходов. По своему составу золошлаковые отходы – ценный сырьевой материал для использования в различных отраслях экономики с дополнительным получением значительного экономического эффекта. Золошлаковые отходы могут использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов: песка, цемента, бетонов, растворов, кирпича, тротуарной плитки и т. д. Они могут использоваться как самостоятельно, так и в виде частичного заменителя основного сырьевого материала. Они хорошо зарекомендовали себя при укладке в земляное полотно автомобильных дорог. Наибольшие перспективы имеют технологии применения золошлаковых отходов в производстве портландцемента (как активные кремнеземистые добавки) в количестве 10-15 % и в производстве пуццолановых портландцементов марок 300-400 – до 30-40 % (золопортландцемент). В этих технологиях тонкодисперсные отходы проявляют функции вяжущих веществ, которые позволяют экономить дорогостоящие стандартные связующие, полученные на основе сложных термических процессов. К наиболее распространённым неорганическим связующим относят гашёную известь, жидкое стекло, глинозёмистый и портландский цементы, бентонитовые и нонтронитовые глины [3, 4]. К часто используемым в промышленности органическим связующим относят каменноугольные и нефтяные смолы, мелассу, отходы гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности (сульфитдрожжевая и спиртовая бражки - СДБ и ССБ). Органические связующие наряду с порообразующими добавками

способны выгорать или возгоняться при высоких температурах и формировать поровую структуру формуемых материалов. Они широко используются в тяжелых отраслях промышленности [4–6].

Одним из направлений переработки ЗШО ТЭЦ является прессование увлажненной сыпучей массы и производство из нее различных формованных изделий разнообразного технологического и строительного назначения.

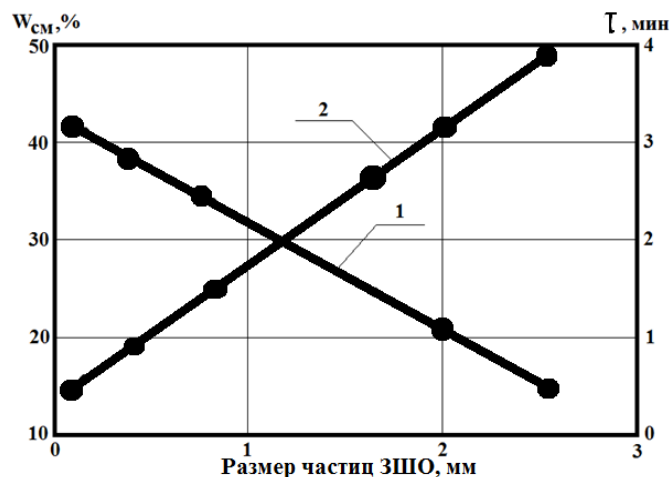
Целью работы являлось исследование возможности получения строительных изделий из сыпучих ЗШО ТЭЦ.

Для исследования использовали ЗШО Кузнецкой ТЭЦ, работающей на энергетических углях Ерунаковского месторождения. На первом этапе работы ЗШО высушивали в камерном сушиле при температуре 105 °С. После чего сыпучий материал рассевали на лабораторных ситах по фракциям: +2,5 мм; 1,0 – 2,5 мм; 0,2 – 1,0 мм; 0,1 – 0,2 мм; 0,063 – 0,1 мм; 0 – 0,063 мм. Сырьевая смесь содержала 20 % строительного цемента, техническую воду и ЗШО определенного фракционного состава. В процессе смешивания компонентов фиксировали время схватывания, определяемое по потере пластических свойств массы и оптимальную влажность смеси. Оптимальную влажность смеси определяли визуально по наличию свободной влаги в емкости для смешивания и по условию перехода массы из пластического состояния в жидкотекучее. Полученную увлажненную массу прессовали на лабораторном гидравлическом прессе. Схема экспериментальной установки показана на рисунке 1. В состав опытной установки входила металлическая пресс-форма, позволявшая получать цилиндрические образцы размером 10×10 мм. Контроль над величиной давления прессования осуществлялся по шкале манометра. У образцов после измерений и взвешивания вычисляли плотность и пористость. На заключительном этапе работы определяли прочность на сжатие. Полученные результаты экспериментов показаны на рисунках 2-4.



операции: а – смешивания компонентов; б – заполнения пресс-формы сырой массой;
в – прессования 1 – смеситель; 2 – мешалка; 3 – корпус пресс-формы; 4 – нижнее основание;
5 – пуансон; 6 – пресс; 7 – подвижная опора пресса; 8 – ручка; 9 – манометр;
10 – кольцевая обойма; 11 – стравливающий клапан

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки



1 – оптимальная влажность массы; 2 – время схватываемости массы

Рисунок 2 – Зависимость оптимальной влажности и времени схватываемости массы от размера частиц ЗПО

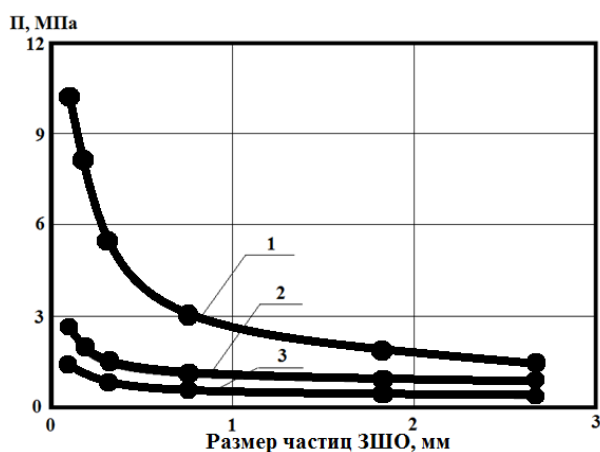


Рисунок 3 – Зависимость разрушающего давления (П, МПа) от среднего размера частиц ЗПО. Содержание цемента, %: 1 – 35; 2 – 25; 3 – 10. Давление прессования 50 МПа

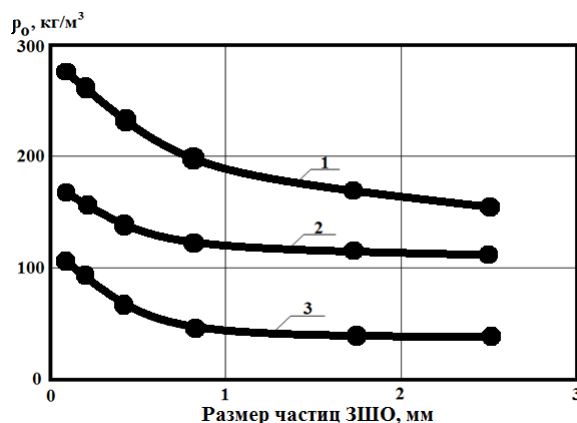


Рисунок 4 – Зависимость плотности образцов от размеров частиц ЗПО и давления прессования (количество цемента 25 %). Давление прессования, МПа: 1 – 100; 2 – 50; 3 – ручная трамбовка

Необходимость определения оптимальной влажности сырой массы позволяет назначить минимальное содержание жидкого связующего для придания пластических свойств прессуемой массе. Длительность схватывания массы должна учитывать суммарную продолжительность дозирования компонента, их смешивания, загрузки, прессования и выталкивания прессовки.

В ходе экспериментов установили, что из ЗШО ТЭЦ можно получать прочные сформованные образцы, являющиеся прототипом строительных изделий различного технологического назначения. Процесс прессования существенно зависит от размеров частиц ЗШО ТЭЦ, содержания цемента и влажности смеси. С уменьшением размеров частиц у ЗШО проявляются вяжущие свойства и длительность схватывания массы существенно уменьшается, что необходимо учитывать при проведении операции прессования. Оптимальная влажность массы, напротив, существенно увеличивается (почти в 3 раза). Это объясняется увеличением свободной поверхности частиц ЗШО и необходимостью ее полного увлажнения для эффективного агрегирования. Прочность и плотность образцов при этом резко возрастают, что связано с более плотной и равномерной упаковкой частиц в структуре образцов. Это является полезным свойством с точки зрения снижения газо- и водопроницаемости, например, у тротуарной плитки или строительного кирпича. Увеличение количества цемента в сырой массе и более высокое давление прессования однозначно повышают прочность прессовок. Оптимальное количество цемента должно быть увязано с видом строительного сформованного изделия, которое можно регулировать фракционным составом ЗШО и давлением прессования. Уменьшение содержания дорогого компонента сырой массы потребует более тонкого измельчения ЗШО (менее 0,1 мм) и более высокого давления прессования (до 100 МПа). Общие принципы использования технологии рециклинга ЗШО можно применять в совокупности с известными технологиями. В качестве этих технологий можно отметить отработанные технологии для производства силикатного кирпича, жаростойких бетонов, зольного и аглопоритового гравия, мелкозернистого аэрированного золобетона, легких бетонов на пористых заполнителях, сырьевых материалов для дорожной промышленности. Применение порообразующих и топливных добавок на основе техногенных отходов расширяет технологическое использование ЗШО. В частности, переработка золошлаковых отходов, содержащих частицы несгоревшего топлива в производстве строительного кирпича, не только улучшает его качество, но и снижает расход технологического топлива на сушку и обжиг.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных

- предприятий / Г.Ф. Быстрицкий. – Москва: Академия, 2006. – 304 с.
3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
4. Огнеупорные материалы: структура, свойства, испытания / И. Алленштейн [и др.]. – М.: Интермет Инжиниринг, 2010. – 392 с.
5. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
6. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.

УДК 661.872.222.3:666.291.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКРАСКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Домнин К.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проведена оценка применения отходов промышленности для окраски строительных изделий. Проанализированы технологии окраски поверхности строительных изделий с помощью цветных отходов промышленности. Представлены результаты исследований по окраске поверхности тротуарной плитки.

Ключевые слова: цветные отходы промышленности, промышленное производство, окраска строительных изделий, тротуарная плитка, технологии окраски поверхности изделий.

Нерудные отходы промышленного производства используют преимущественно для производства строительных изделий и материалов строительного назначения, в дорожном строительстве, при сооружении дамб, перекрытий и в других строительных технологиях. Переработка отходов и использование их в строительстве, металлургии, химической промышленности, в производстве огнеупорной и керамической продукции, в сельском хозяйстве и в других отраслях техники позволяет расширить сырьевую базу этих технологий и решить экологические проблемы в промышленности [1, 2]. Экологическая составляющая технологии рециклинга отходов и требования законодательства по охране окружающей среды обусловлены тем, что значительные объемы вскрышных пород, золы, шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Транспортировка, складирование и содержание золошлаковых отвалов требуют значительных материальных и

финансовых затрат. Шлакоотвалы загрязняют воздушный и водный бассейны и меняют химико-минерального состава почв и сельхозугодий. Пыление отвалов при сильных ветрах и неблагоприятных погодных условиях (повышенная влажность воздуха, туманы, ливни, талые воды) формирует вторичное загрязнение окружающей среды, отрицательно влияет на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Поэтому переработка золо- и шлакоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе.

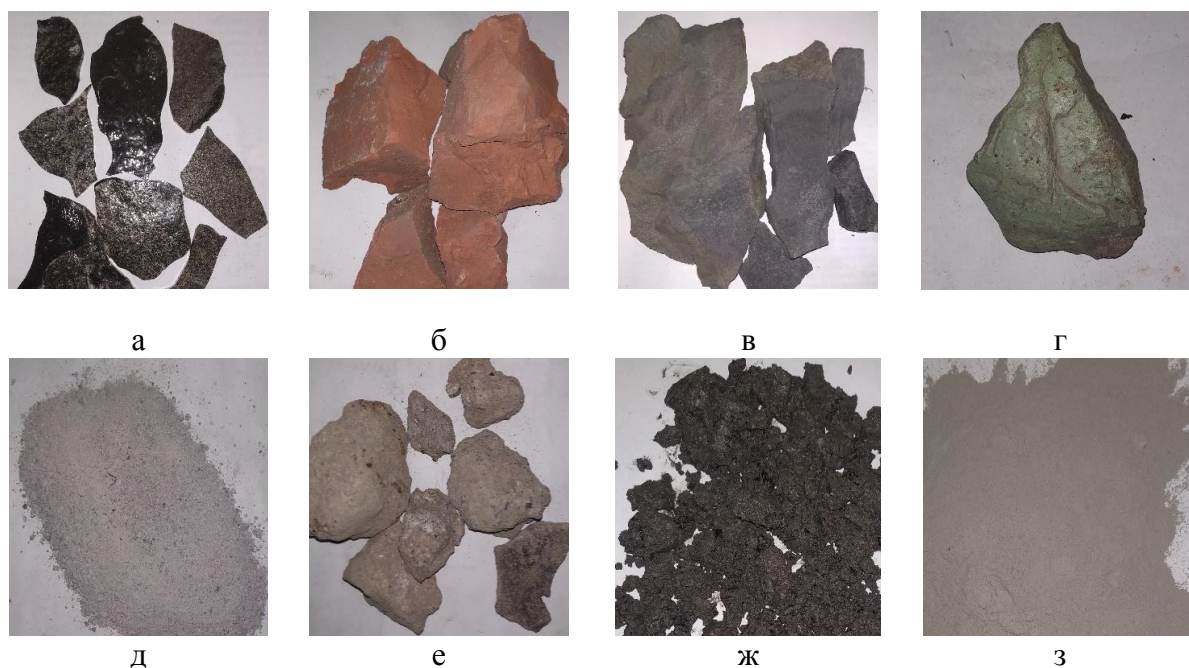
Одной из проблем производства строительных изделий, в частности тротуарной плитки, является ее окраска или окраска ее поверхности, необходимые для придания ей эстетичного внешнего вида. В некоторых строительных технологиях актуальным является нанесение надписей на ее поверхности или противогололедных рифлений. Нанесение надписей и окраска поверхности придает эстетичный вид тротуарному покрытию и дорожному полотну.

Целью работы было исследование технологии окраски строительных изделий и нанесение надписей на их поверхности с помощью цветных сыпучих отходов промышленности.

В качестве сырьевой основы для производства тротуарной плитки использовали золошлаковые отходы (ЗШО) Кузнецкой ТЭЦ. Сырьевая смесь содержала 25 % строительного цемента, 20 % воды, остальное ЗШО. Давление прессования составляло 50 МПа. Цвет изделия менялся от темно-серого после прессования, к светло-серому после сушки. В качестве материалов для окраски изделий на основе ЗШО использовали кусковые отходы металлургической и горнорудной промышленности КО: плавленный золошлак ТЭЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (цвет матово-черный), доменный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (цвет темно-серый), конвертерный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (цвет темно-зеленый), отходы производства извести АИП АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (светло-серебристый), пустые породы шахтных отвалов (цвет матово-черный), горелые породы шахтных отвалов (цвет ярко-оранжевый). Внешний вид цветных отходов и связующей добавки показаны на рисунке 1.

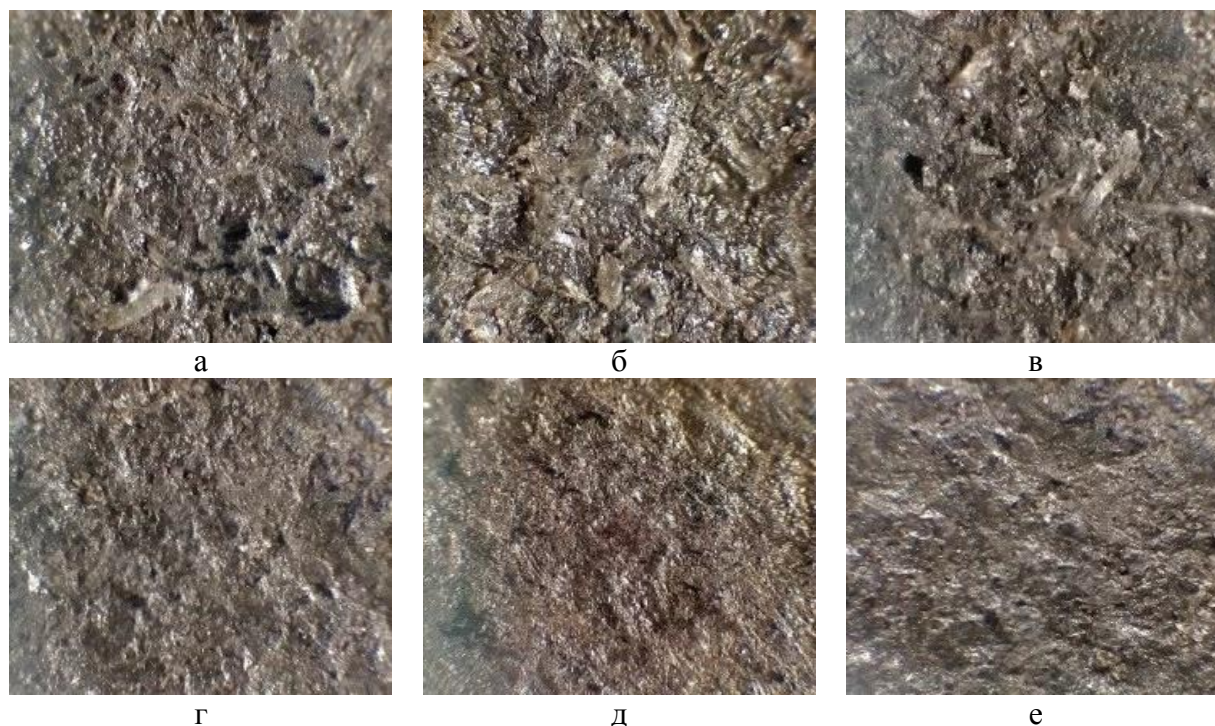
После дробления этих материалов установили, что они имеют различную прочность и склонность к измельчению. Часть материалов в процессе измельчения потеряли свой первоначальный цвет (доменный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК», плавленный золошлак ТЭЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК», отходы производства извести АИП АО «ЕВРАЗ ЗСМК») и были исключены из последующих экспериментов. Для опытов оставили три материала, не потерявшие цвет и обладающие ярким насыщенным цветом: конвертерный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (цвет темно-зеленый), пустые породы шахтных отвалов (цвет матово-черный), горелые породы шахтных отвалов (цвет ярко-оранжевый). Эти материалы были разделены по фракциям: +2,5 мм; 1,0 – 2,5 мм; 0,2 – 1,0 мм; 0,1 – 0,2 мм; 0,063 – 0,1 мм; 0 – 0,063 мм. В ходе экспериментов установили, что ведение этих компонентов в состав сырьевой смеси в количестве 5-20 % не привело к существенному изменению цвета прессовок

(рисунок 2).



а – плавленые ЗШО ТЭЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»; б – горелые породы шахтных отвалов;
 в – пустые породы шахтных отвалов; г – доменный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;
 д – отходы производства извести АИП АО «ЕВРАЗ ЗСМК»; е – отвальные шлаки
 АО «ЕВРАЗ ЗСМК»; ж – ЗШО Кузнецкой ТЭЦ; з – Цемент

Рисунок 1 – Макроструктура техногенных отходов производства и связки



Размер частиц, мм: а – +2,5; б – 1,0–2,5; в – 0,2–1,0; г – 0,1–0,2;
 д – 0,063–0,1; е – 0–0,063

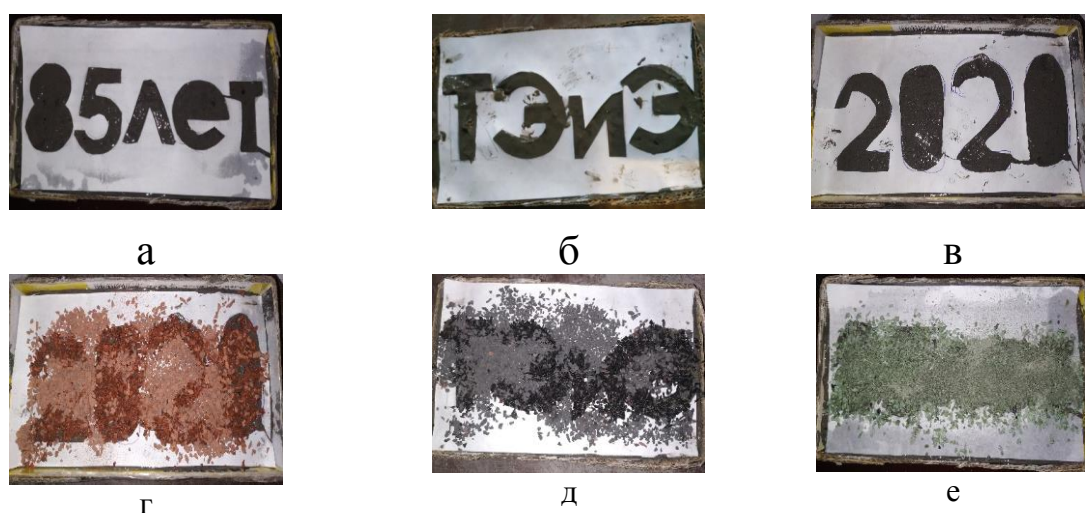
Рисунок 2 – Макроструктура поверхности спрессованного изделия

Это объясняется ультрадисперсным составом строительного цемента (размер частиц 5–0 мкм), который обволакивает поверхность частиц красителей (размер частиц которых 50–500 мкм) и поглощает цвет формуемой массы. Сделали вывод о том, что для появления цвета у изделия требуется использование красителя с ультрадисперсным наполнителем. В качестве такого красителя применили краску «Гуашь». Установлено, что цвета, близкие к серому цвету ЗШО (желтый, бежевый, черный, синий), требуют до 15 % красителя. Цвета, далекие от серого (красный, бордовый, оранжевый), окрашивают формуемую массу при меньшем содержании красителя 5 – 7 % (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание красителя в формуемой массе

№	Цвет красителя	Содержание красителя, %
1	Красный	5 - 7
2	Бордовый	7 - 9
3	Оранжевый	9 - 10
4	Синий	10 - 12
5	Черный	12 - 15
6	Желтый	13 - 16

После первого этапа экспериментов сделали вывод о том, что для появления цвета у изделия требуется ультрадисперсное измельчение цветных отходов и увеличение их доли свыше 20 %. Этот путь посчитали нерациональным и приняли решение об окраске этими материалами только поверхности изделия. Наиболее простым методом окраски поверхности изделия сыпучими продуктами дробления цветных отходов является механическое засыпание окрашивающим порошком влажной поверхности изделия, на котором расположен трафарет (рисунок 3).



а, б, в – внешний вид трафарета на поверхности изделия; г, д, е – внешний вид поверхности изделия после нанесения окрашивающего материала

Рисунок 2 – Внешний вид трафарета на поверхности изделия и поверхности изделия после нанесения сыпучего окрашивающего материала

Установили, что для некоторых режимов окраски требуется последующее механическое уплотнение массы трамбовкой и выравнивание поверхности. Установили, что частицы размером менее 1 мм поглощаются массой и не окрашивают поверхность изделия. Поэтому для окраски требуются частицы размером более 1 мм, содержание которых в поверхностном слое должно быть более 40–50 %. Для этой технологии окраски не требуется мощных гидравлических прессов. Она является более простой и менее затратной в производстве тротуарной плитки, но маломеханизированной.

Вторым способом нанесения сыпучего красителя явился метод аэродинамического напыления окрашивающего порошка на влажную поверхность сформованного изделия. Этот метод широко применяется в технике формообразования [1, 2]. Предметом исследования были результаты аэродинамического взаимодействия струи воздуха с напыляемой поверхностью изделия. Результаты эксперимента представлены в виде зависимости диаметра (d_y) и глубины углубления (h_y) от безразмерного расстояния L/d (где L – расстояние между соплом СА и изделием, d – диаметр сопла, м) (рисунок 3).

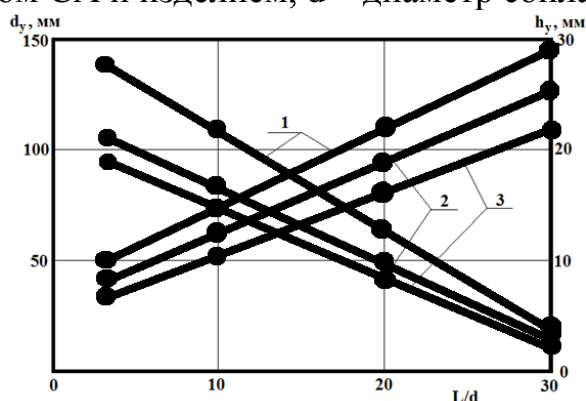


Рисунок 3 – Геометрические размеры углубления на поверхности напыляемого изделия от динамического воздействия свободной струи. Влажность поверхности изделия, %: 1 – 5; 2 – 7,5; 3 – 10

Полученные результаты позволяют выбрать режим аэродинамического напыления порошкового красителя с минимальной деформацией напыляемой поверхности и с максимальной поверхностью окрашивания. В этом режиме напыления не требуется выравнивания поверхности и удаления избытка красителя.

После напыления окрашивающего порошка изделие сушится, трафарет удаляется. Надпись на поверхности изделия отчетливо видна, обладает высокой прочностью, наглядностью и визуальной различимостью (рисунок 4).



Рисунок 4 – Внешний вид полученных изделий

Метод аэродинамического напыления цветного порошка на поверхность сформованного изделия имеет высокую степень механизации процесса и минимальное количество ручного труда, возможность конструирования конвейерной линии для производства тротуарной плитки с широкой цветовой гаммой. Эта технология обладает достаточной универсальностью и легко внедряется в действующее производство строительных изделий. Реконструкция возможна на основе свободных производственных площадей и технической осуществимости способа. Можно использовать комбинированное решение, в котором учитываются все достоинства рассмотренных способов окраски строительных изделий.

Библиографический список

1. Павловец В. М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
2. Ожогин В. В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В. В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.
3. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
4. Павловец В. М. развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 386 с.

УДК 621.1819

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА СЛОЕВОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДЕФЕКТЫ

Акенфиев А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Приведена методика оценки условий надежности процесса слоевой теплогенерации топливных брикетов, содержащих поверхностные дефекты. Показана последовательность подготовки, проведения и расчетов показателей приближенного моделирования слоевой теплогенерации в промышленной теплоэнергетике.

Ключевые слова: слоевая теплогенерация, топливные брикеты, надежность теплового объекта, приближенное моделирование.

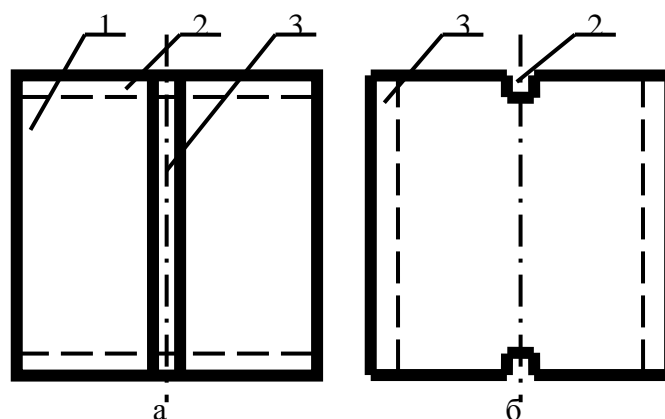
Надежностью технических систем называют способность объектов выполнять длительное время заданные функции и сохранять рабочие параметры технологии в отсутствии отказов и нарушений технологии. Для предприятий промышленной теплоэнергетики одним из условий высокой надежности является надежность системы теплогенерации [1]. Она включает бесперебойное снабжение котлоагрегата топливом, окислителем, надежное воспламенение топлива и его устойчивое горение. Для сжигания топлива в слое важным условием устойчивого горения является стабильная фильтрация окислителя через слой кускового топлива. При этом слой топлива должен состоять из прочных неразрушаемых кусков топлива определенного размера. Топливные брикеты, применяемые в промышленной теплоэнергетике, наряду с минеральным топливом содержат органическое техногенное сырье различного техногенного происхождения. Брикетирование позволяет перевести сыпучее мелкодисперсное сырье в кусковое состояние, удобное для длительной транспортировки и стабильного сжигания в фильтруемом плотном слое. Для топливных брикетов слоевая теплогенерация может сопровождаться образованием мелочи или крупных кусков. Если подобное разрушение произойдет в процессе горения, то образовавшаяся мелочь в слое сжигаемого топлива снизит его газопроницаемость и скорость фильтрации окислителя. В результате этого надежность процесса слоевой теплогенерации и работы теплового агрегата уменьшится. В реальных производственных условиях или в условиях полного теплового моделирования процесса горения изменение прочности топливных брикетов изучить практически невозможно. Поэтому более предпочтительным является приближенное (холодное) моделирование процесса разрушения кускового топлива в процессе теплогенерации. Подобные исследования можно провести для объектов и технологий огнеупорной и металлургической промышленности [2–4].

Целью работы является разработка методики приближенного моделирования процесса теплогенерации и экспериментальной оценки условий надежности процесса слоевой теплогенерации топливных брикетов, содержащих поверхностные дефекты, для тепловых агрегатов промышленной теплоэнергетики.

Методика приближенного моделирования процесса теплогенерации и экспериментальной оценки условий надежности процесса слоевой теплогенерации топливных брикетов, содержащих поверхностные дефекты, заключается в следующем. Перед экспериментами предварительно готовят 30 топливных брикетов правильной цилиндрической формы, размерами 10×10 мм, спрессованных на гидравлическом прессе П-12М из увлажненной формовочной смеси. Для приготовления топливных брикетов используется формовочная смесь, содержащая угольную мелочь (размер частиц 0-1,0 мм) и в качестве связки жидкое стекло в количестве 5 %. Можно применять в качестве связки сульфитдрожжевую бражку (СДБ) или каменноугольный пек. Для исследований используют 25 брикетов, а оставшиеся пять применяют в каче-

стве запасных и вспомогательных образцов. После формования массы брикеты высушивают в течение 30 минут при температуре 105 °С.

Затем на поверхности топливных брикетов выполняют искусственные дефекты путем механического пропила поверхностного слоя образцов. Для этого брикеты делят на пять частей, в каждой из которых содержится по пять топливных брикетов. В первой части брикетов на их нижней опорной (круговой) поверхности каждого брикета специальным инструментом выполняют сквозной диаметральный пропил на глубину 2–3 мм. Эта серия брикетов содержит один дефект. Схема выполнения пропилов на поверхности брикетов показана на рисунке 1.



1 – топливный брикет; 2 – диаметральный горизонтальный пропил;
3 – боковой вертикальный пропил

Рисунок 1 – Схема выполнения пропилов на поверхности брикетов

Для второй части образцов на каждом из пяти брикетов выполняют аналогичные диаметральные пропилы на нижней опорной и верхней сводовой поверхностях. Эти брикеты содержат два дефекта. В третьей части для следующих пяти брикетов выполняют три пропила. Два пропила выполняют аналогично вышеописанным, а третий дополнительно наносят на боковую поверхность брикетов в вертикальной плоскости. В четвертой части образцов на каждом из пяти брикетов на боковой поверхности наносится четвертый сквозной вертикальный пропил с противоположной стороны брикета. Для каждого топливного брикета с пропилами, включая исходные брикеты без пропилов, определяют прочность на сжатие. Прочность топливных брикетов определяют по величине разрушающего усилия $У$, $Н$, по которому рассчитывают давление разрушения Π , Π_a ($\Pi=У/Ф$, где $Ф$ – площадь опорной поверхности брикета). Последняя характеристика является сравнительной удельной величиной для определения прочности брикетов. Поскольку усилие разрушения угольных брикетов не превышает 100 $Н$, то можно воспользоваться статическим прессом. Процесс разрушения образцов целесообразно фотографировать или снимать с помощью ПК для последующего видеопросмотра, что позволит уточнить механизм разрушения и разработать меры для

повышения степени надежности этого элемента системы. Результаты измерений и испытаний записывают в таблицы 1 и 2, характер разрушения образцов зарисовывают и фиксируют фото - и видеосъемкой.

Таблица 1 – Характеристики брикетов до испытаний на одноосное сжатие

Параметры	Масса $M_{бр}$, кг, / Высота $h_{бр}$, м, для соответствующего брикета				
	1	2	3	4	5
Порядковый номер образца					
а) образцы с одним пропилом					
б) образцы с двумя пропилами					
в) образцы с тремя пропилами					
г) образцы с четырьмя пропилами					
д) образцы без пропилов					

Таблица 2 – Прочностные характеристики топливных брикетов после испытаний на одноосное сжатие

Параметры	Разрушающее усилие (У, Н) / Давление разрушения (П, Па) для соответствующего брикета				
	1	2	3	4	5
Порядковый номер образца					
а) образцы с одним пропилом					
б) образцы с двумя пропилами					
в) образцы с тремя пропилами					
г) образцы с четырьмя пропилами					
д) образцы без пропилов					

По экспериментальным данным в каждой серии опытов рассчитывается средняя величина прочности топливных брикетов на сжатие по формуле:

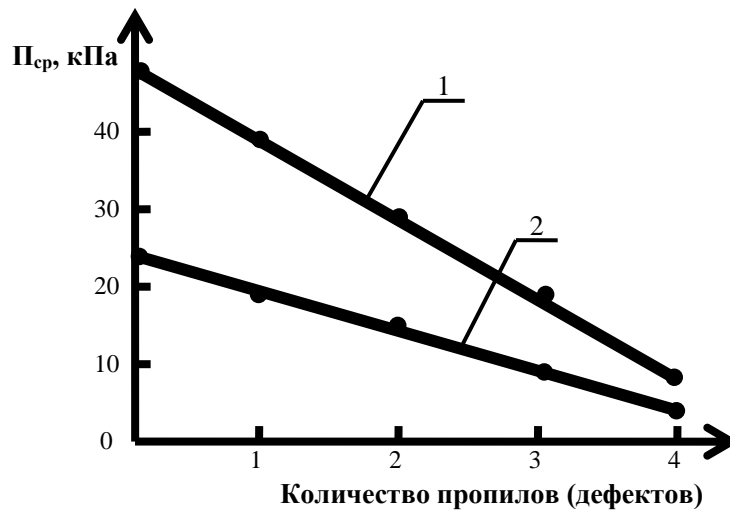
$$P_{cp} = \sum P_i / n,$$

где $\sum P_i$ – сумма значений прочности образцов, подвергнутых и спытанию, Па;

n – общее число однотипных элементов (образцов, подвергнутых испытанию в каждой серии брикетов), $n = 5$.

Среднее значение массы M_{cp} , кг, и высоты брикетов h_{cp} , м, рассчитывается аналогично.

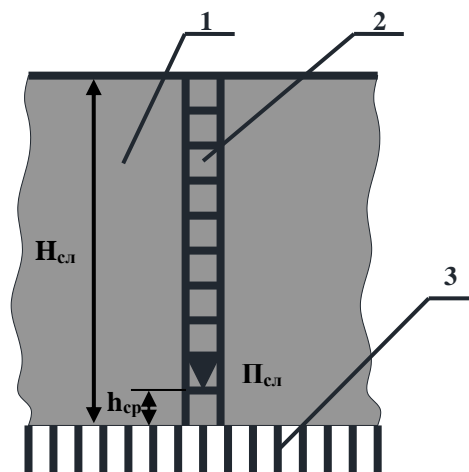
Используя результаты опытов и вычислений, строится зависимость P_{cp} от количества пропилов. Предполагаемый характер зависимости приведен на рисунке 2.



тип связки: 1 – жидкое стекло; 2 – сульфитдрожжевая бражка

Рисунок 2 – Зависимость прочности топливных брикетов от количества пропилов (дефектов) на поверхности брикетов

Надежность тепловой работы угольных брикетов можно оценить по отсутствию разрушений в слое сжигаемого топлива. Если учесть, что нижний брикет с дефектами в слое топлива должен выдерживать массовую нагрузку от слоя вышележащих брикетов $P_{сл}$, Па, то в этом случае можно вычислить предполагаемую высоту слоя угольных брикетов, содержащих дефекты, и обеспечивающего надежность слоевой теплогенерации. Условие высокой надежности слоевой теплогенерации оценивается выражением $P_{ср} > P_{сл}$. Если, напротив, задана высота слоя топливных брикетов по технологическим условиям теплогенерации, то можно определить количество пропилов (дефектов) у брикетов, способных выдержать слоевую нагрузку. Схема расположения угольных брикетов в слое топлива и действие массовой нагрузки на нижний брикет в слое брикетов показаны на рисунке 3.



1 – слой топлива; 2 – топливные брикеты; 3 – колосниковая решетка

Рисунок 3 – Схема расположения топливных брикетов и действие массовой нагрузки на нижний брикет в слое топлива

Для этого необходимо рассчитать массовую нагрузку на опорную поверхность брикета от массы слоя вышележащих брикетов в процессе слоевой теплогенерации по формуле:

$$P_{\text{сл}} = \{g \times (H_{\text{сл}} - h_{\text{ср}}) \times M_{\text{ср}}\} / \{F \times h_{\text{ср}}\},$$

где $H_{\text{сл}}$ – высота слоя брикетов при слоевом горении топлива, м, ($H_{\text{сл}} = 0,2-0,5$ м).

$M_{\text{ср}}$ – средняя масса отдельного брикета в каждой серии испытаний, кг ($M_{\text{ср}} = 0,005-0,007$ кг);

$h_{\text{ср}}$ – средняя высота отдельного брикета в каждой серии испытаний, м ($h_{\text{ср}} = 0,010-0,011$ м).

Используя данные расчетов и рисунок 2, определяется общее количество пропилов (дефектов) у топливных брикетов, позволяющих выдержать слоевую нагрузку от массы слоя брикетов. Учитывая условие надежности процесса слоевой теплогенерации ($P_{\text{ср}} > P_{\text{сл}}$), делается вывод о характере надежности элемента системы и вычисляется запас прочности топливных брикетов K по выражению $K = P_{\text{ср}} / P_{\text{сл}}$. Описанную методику можно применять для любого слоевого процесса в различных отраслях техники [2–4].

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
3. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
4. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.

УДК 621.1819

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУТЕРОВКИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ И КОЛИЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ

Шавлов И.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Представлено экспериментальное определение коэффициента запаса прочности огнеупорных изделий футеровки тепловых агрегатов на основе оценки размеров и количества поверхностных дефектов. Приведена методи-

ка обработки экспериментальных данных и последовательность расчетов.

Ключевые слова: тепловые агрегаты, запас прочности, огнеупорные изделия, надежность оборудования, поверхностные дефекты.

Основой функционирования промышленной теплоэнергетики являются крупные энергоблоки, обеспечивающие работоспособность и надежность энергосистем тепло- и горячего водоснабжения, выработки электрической и тепловой энергии для бытовых и производственных объектов [1]. Энергоблоки представляют собой крупногабаритные малосерийные или укрупненные технические объекты, состоящие из многочисленных технологических систем и узлов. Одной из основных систем является система тепловой защиты топочного пространства и дымового тракта котлоагрегатов от теплопотерь в окружающую среду. Масса огнеупорной и теплоизоляционной футеровки котлоагрегата составляет более 50–60 % от массы всего объекта. Она занимает более 70 % объема всех материалов. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы применяют почти во всех отраслях производства. В промышленных печах их используют как высокотемпературные теплоизоляторы. В других случаях (насадки регенераторов, рекуператоров и др.) огнеупоры должны обладать высокой теплопроводностью. Они могут применяться при высоких температурах и как проводники электрического тока, и как электроизоляторы. Применяют их в областях новой техники, атомной промышленности и ракетостроении. Развитие новых способов получения электрической энергии в гидродинамических генераторах и в тепловых устройствах также в значительной мере определяется качеством огнеупоров [2]. Огнеупоры играют служебную, вспомогательную, роль при производстве стали, цемента, металлопродукции, тепловой и электрической энергии и т.п. Поэтому чем меньше их расход на единицу продукции (в черной металлургии на тонну стали, в промышленной теплоэнергетике на выработку 1 Гкал тепла), тем производство продукции более эффективно, а задача огнеупорной промышленности заключается не в увеличении производства, а в повышении качества изделий. Важной задачей при проектировании теплотехнических агрегатов является правильный выбор огнеупоров и теплоизоляторов для футеровки, так как от него зависит долговечность оборудования, эффективность работы и производительность тепловых агрегатов. Футеровка оказывает значительное влияние на надежность работы энергоблоков и его эксплуатационные характеристики. Огнеупорные изделия относятся к классу особо ответственных материалов, к которым предъявляются повышенные эксплуатационные и термомеханические требования. Низкое качество огнеупорных материалов может привести к отказам термомеханического оборудования тепловых объектов и к нарушению технологического процесса теплогенерации. Подобная проблема может возникнуть и при использовании строительных изделий (кирпичей, тротуарной плитки, бетонных блоков и др.) в ходе сооружения промышленных и гражданских объектов. Процесс

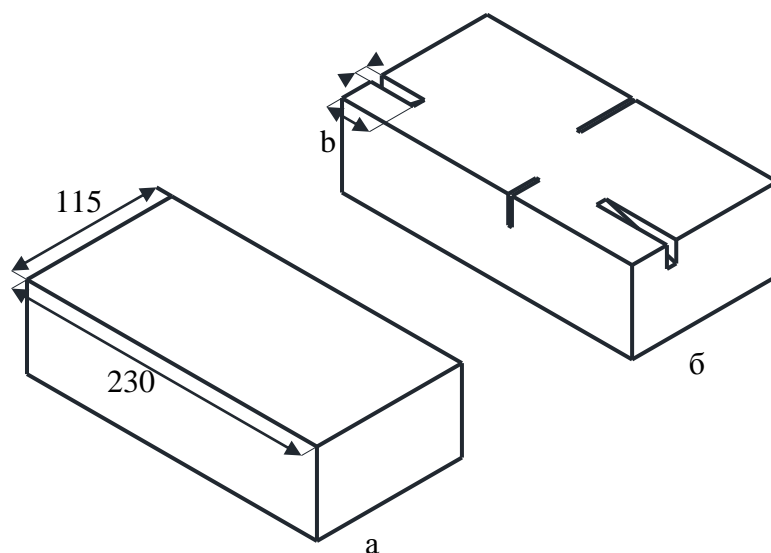
трещинообразования также важен для окискованного металлургического сырья, качество которого существенно влияет на тепловую работу металлургических агрегатов [3–5]. Одним из признаков низкого качества огнеупорных, теплоизоляционных и керамических материалов являются дефекты на поверхности изделий, которые снижают их прочность и теплотехнические характеристики. Трещины образуются в ходе технологического процесса изготовления изделий и могут возникать во время эксплуатации теплозащитной обмуровки парогенератора. Поэтому важно знать, как изменится состояние надежности объекта в процессе тепловой работы, если по каким-то причинам будет развиваться неконтролируемое трещинообразование в огнеупорной и теплоизоляционной футеровке теплового объекта.

Целью работы является разработка методики экспериментального определения коэффициента запаса прочности огнеупорных и теплоизоляционных изделий обмуровки теплового агрегата на основе оценки размеров и количества поверхностных дефектов.

Для решения поставленной задачи используются стандартные формованные огнеупорные и теплоизоляционные изделия, установленные на лабораторном стенде в лаборатории топлива и огнеупоров кафедры теплоэнергетики и экологии или любые другие огнезащитные материалы промышленных предприятий г. Новокузнецка. Можно использовать изделия, прошедшие процедуру ОТК на предприятии. Можно применять изделия бывшие в эксплуатации. Изделия высушивают в камерном сушиле для испытания в воздушно-сухом состоянии при температуре $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ до тех пор, пока разница в их весе после сушки будет не более 0,5 г. В работе целесообразно использовать фото- и видеотехнику для более точного определения геометрических размеров (длины и ширины) поверхностных дефектов.

Внешний вид и схема измерения геометрических размеров дефектов (трещин) на поверхности огнеупорных изделий показаны на рисунке 1.

С помощью измерительной линейки определяются геометрические размеры поверхностных трещин изделия: длина, ширина (при необходимости диаметр) и их количество. Если трещины имеют высокую извилистость, то для повышения точности измерения длины можно воспользоваться гибким шнуром или нитью. Ширина трещины также может меняться. В этом случае желательно использовать усредненный показатель. Для повышения точности измерений можно пользоваться увеличительными приборами и фото- и видеоизображениями, полученными с помощью ПК или оптического микроскопа. В любом случае будет присутствовать некоторая погрешность, которую необходимо оценить и учесть в расчетах. Особенности измерения поровой структуры сформованных тел и, в частности, огнеупорных и теплоизоляционных материалов можно найти в специальной литературе или в научных статьях, опубликованных в периодических изданиях по этой тематике. Результаты измерений заносятся в таблицу 1.



а – изделие без дефектов; б – изделие с дефектами

Рисунок 1 – Внешний вид и схема измерения дефектов на поверхности огнеупорных и теплоизоляционных изделий

Таблица 1 – Результаты измерений размеров поверхностных трещин огнеупорного изделия

Номер трещины	Размеры трещин, м		Номер трещины	Размеры трещин, м	
	а	б		а	б
1			6		
2			7		
3			8		
4			9		
5			10		

После измерений необходимо вычислить общую длину трещин b_0 , м, по выражению:

$$b_0 = \sum b_i .$$

Затем вычисляется средняя ширина трещин a_0 , м, по выражению:

$$a_0 = \sum a_i / N ,$$

где N – количество обнаруженных трещин (таблица 1).

Среднюю площадь трещин прямоугольной конфигурации $f_{тр}$, m^2 , на поверхности огнеупорного изделия можно вычислить по выражению:

$$f_{тр} = b_0 \times a_0 .$$

Если форма дефектов будет отличаться от формы, показанной на рисунке 1, например, будет круговой, овальной, треугольной и др., то для расчета следует применить соответствующее выражение.

Средняя опорная площадь поверхности изделия при наличии трещин

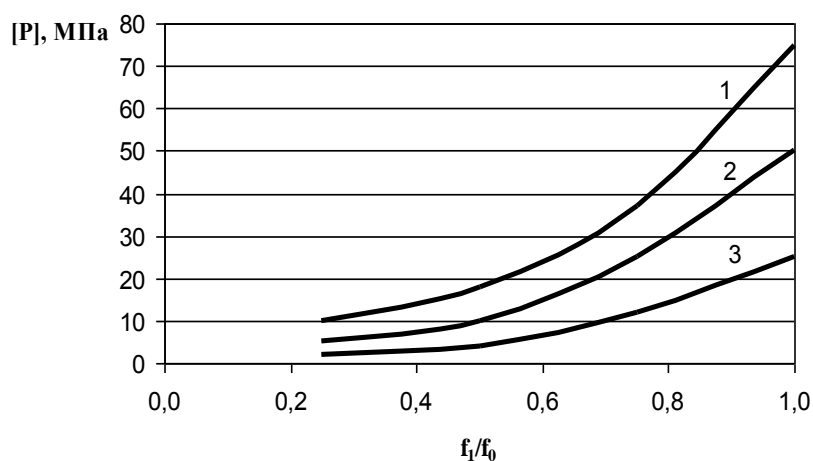
$f_1, \text{ м}^2$, рассчитывается по выражению:

$$f_1 = f_0 - f_{\text{тр}},$$

где f_0 – опорная площадь поверхности изделия, на котором отсутствуют трещины, м^2 ; $f_0 = 0,230 \times 0,115 = 0,0264 \text{ м}^2$ (рисунок 1).

Опорная поверхность, это твердая поверхность изделия, на которую опирается вышележащее изделие и весь слой материалов огнеупорной или теплоизоляционной футеровки парогенератора или другого теплового агрегата.

Далее рассчитывается относительная опорная площадь поверхности изделия f_1 / f_0 и по графику (рисунок 2) определяется допустимая предельная нагрузка $[P]$, МПа, для данного типа изделия с учетом количества и размеров трещин, которые снижают площадь опорной поверхности.



1 – особопрочные огнеупорные изделия; 2 – изделия нормальной прочности;
3 – легковесные теплоизоляционные изделия

Рисунок 2 – Зависимость прочности огнеупорных и теплоизоляционных изделий от относительной площади опорной поверхности

Зависимость, приведенная на рисунке 2, построена на основе известной литературной информации [2, 6, 7]. Изменение прочности изделий обусловлено, в том числе, и трудноконтролируемыми внутренними трещинами.

Давление P , Па, от массы огнеупорной футеровки высотой H , м, действующее на опорную поверхность изделия при наличии трещин, рассчитывается по выражению:

$$P = \rho \times g \times H,$$

где ρ – плотность огнеупорного изделия, кг/м^3 . Величина ρ берется из справочника по огнеупорам и теплоизоляторам [2, 6, 7]. Высота огнеупорной футеровки зависит от типа теплового агрегата. У парогенератора она меняется от 10 до 40 м (без наличия разгрузочных узлов). У воздухонагревателя доменной печи она может достигать 20 м. Если футеровка снабжена опорными элементами, то $H = 5-10$ м.

Коэффициент запаса прочности K огнеупорного или теплоизоляционного изделия с трещинами вычисляется по выражению:

$$K = [P] / P .$$

В заключении необходимо сравнить полученное значение K с нормативной величиной коэффициента запаса прочности ($K=5-10$) и сделать вывод об уровне надежности огнеупорной футеровки теплового агрегата.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
3. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
4. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
5. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.
5. Огнеупорные материалы: структура, свойства, испытания / И. Алленштейн [и др.]. – М.: Интернет Инжиниринг, 2010. – 392 с.
7. Кащеев И.Д. Каталог-справочник. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение / И.Д. Кащеев, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский. – Москва: Теплоэнергетик, 2004. – 336 с.

УДК 621.1819

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Гефлинг В. С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проведена оценка применения золошлаковых отходов ТЭЦ и промышленных котельных в производстве товарной продукции. Показаны перспективы использования золошлаковых отходов в различных отраслях техники. Представлен ряд перспективных технологий с использованием золошлаковых отходов ТЭЦ и промышленных котельных.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, пути переработки, промыш-

ленное производство, потребительские свойства, перспективы использования отходов в металлургии.

Необходимость переработки техногенных месторождений промышленной теплоэнергетики является экологическая составляющая технологии рециклинга золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭЦ и требования законодательства по охране окружающей среды [1]. Она обусловлена тем, что значительные объемы золы и шлака в отвалах занимают ценные сельхозугодия. Транспортировка, складирование и содержание золошлаковых отвалов требуют материальных затрат. Золоотвалы способствуют загрязнению воздушного и водного бассейнов и изменению химико-минерального состава почв и сельхозугодий, отрицательно влияют на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Фильтрация воды в золоотвалах изменяет естественный гидрохимический режим почв в зоне их расположения, что может приводить к подтоплению, засолению и заболачиванию территории, поступлению загрязняющих веществ в подземные воды, а с ними – в реки и водоемы, гидросооружения в жилой сектор. Особо значительный вред окружающей среде наносится тонкодисперсными ЗШО при авариях на золоотвалах. Они ухудшают эстетику окружающей среды и ландшафт территорий у населенных пунктов и производственных объектов. Поэтому ликвидация золоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе. Наиболее распространенными видами обращения с отходами являются утилизация и размещение. Утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, которое в свою очередь делится на: рециклинг - повторное применение отходов по прямому назначению; регенерацию - их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки; рекуперацию - извлечение полезных компонентов для их повторного применения.

Размещение отходов делится на хранение и непосредственно захоронение отходов. Между этими двумя понятиями существует принципиальная разница. Хранение отходов - складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения. Захоронение отходов - изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду.

Для того, чтобы обосновать метод переработки отходов и наметить тип выпускаемой продукции, необходимо установить класс опасности отхода, провести химический, минералогический, технический и гранулометрический анализы. Конкретная технология переработки отходов требует комплекса первичных подготовительных технологий: сортировки, обезвоживания, термообработки, дробления, измельчения, дозирования, смешивания. Вторичные технологии переработки это, как правило, технологии окускова-

ния: брикетирование, производство агломератов или окатышей. На заключительном этапе переработки необходимо разработать технологию использования продуктов переработки техногенного вторичного сырья в конкретном производстве или в специальной технологии. Это могут быть металлургические, энергетические, строительные и другие производства и технологии [2]. Чтобы повысить эффективность переработки и вторичного использования многокомпонентных отходов, необходима предварительная сортировка или селективный сбор отходов. Как показывает практика, каждому виду отхода соответствует свой метод переработки. Следует учитывать, что использование одного метода переработки даже для одной группы отходов допустимо не всегда. Классифицировать ЗШО ТЭЦ и промышленных котельных можно по типу и способу сжигания твердого топлива, по месту образования, по способу очистки дымовых газов от пыли, агрегатному состоянию и др. Классификация ЗШО по месту их образования на объекте промышленной теплоэнергетики показана на рисунке 1.

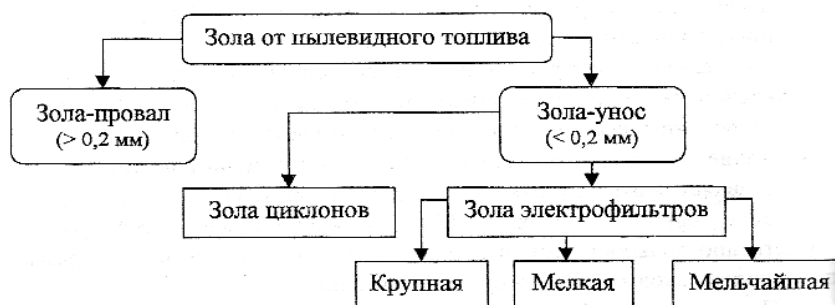


Рисунок 1 – Классификация ЗШО по месту образования

На рисунке 2 показан объем образования и использования ЗШО на территории РФ.

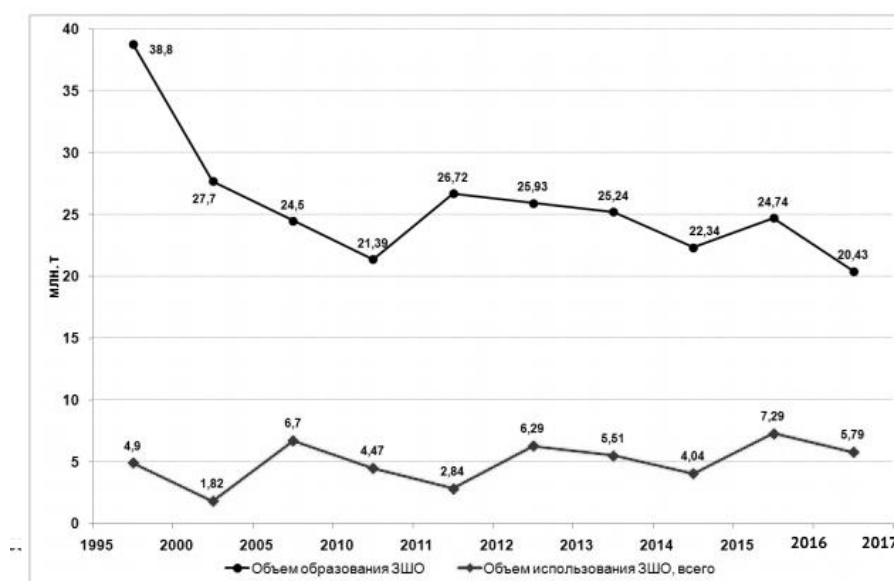


Рисунок 2 – Объем образования и использования ЗШО в России

По своему составу золошлаковые отходы – уникальный материал для полезного использования в различных отраслях экономики с дополнительным получением значительного экономического эффекта. Как правило техногенные месторождения ЗШО находятся вблизи населенных пунктов и не требуют особых финансовых затрат на сооружение дополнительных объектов логистики, водо- и энергоснабжения, объектов для жизнеобеспечения обслуживающего персонала и т.д. Выпускаемая продукция из ЗШО относится к товарам местного потребления. Отмеченные положения подчеркивают достоинства ЗШО ТЭЦ и промышленных котельных, как техногенного сырья местной промышленности.

Направления переработки ЗШО ТЭЦ и промышленных котельных теплоэнергетики включают производство строительных материалов (цемент, песок, гравий, кирпичи, блоки, тротуарная плитка), доля которых достигает 35 % от всего объема переработки; дорожное строительство (наполнители для дорожного полотна) 20 % переработки; строительные объекты (стеновой материал, бетоны, торкретсмеси) 15 % переработки; производство различных наполнителей (огнеупорных, керамических, стекольных, абразивных, вяжущих, окрашивающих) 15 % переработки; сельское хозяйство (стабилизаторы почвы) 10 % переработки; 5 % прочие производства.

Золошлаковые отходы могут использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов: песка, цемента, бетонов, растворов, кирпича, тротуарной плитки и т. д. Они могут использоваться как самостоятельно, так и в виде частичного заменителя основного сырьевого материала. Наибольшие перспективы имеют технологии применения золошлаковых отходов в производстве портландцемента и в производстве пуццолановых портландцементов марок 300-400. В этих технологиях тонкодисперсные отходы проявляют функции вяжущих веществ, которые позволяют экономить дорогостоящие связующие, полученные на основе сложных термических процессов. К наиболее распространённым неорганическим связующим относят гашёную известь, жидкое стекло, глинозёмистый и портландский цементы, бентонитовые и нонтронитовые глины [3]. К часто используемым в промышленности органическим связующим относят каменноугольные и нефтяные смолы, мелассу, отходы гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности (сульфитдрожжевая и спиртовая бражки – СДБ и ССБ). Органические связующие наряду с порообразующими добавками способны выгорать или возгораться при высоких температурах и формировать поровую структуру формируемых материалов [4].

Подготовленные ЗШО механическим активированием и термообработкой целесообразно использовать при изготовлении строительных растворов. В настоящее время ЗШО широко используют в качестве активного микронаполнителя в тяжелых бетонах, что позволяет снизить расход цемента от 6-10 % в бетонах нормального твердения до 12-25 % в пропариваемых бето-

нах. Широко отработаны технологии на основе ЗШО в производстве силикатного кирпича, жаростойких бетонов, зольного и аглопоритового гравия, мелкозернистого аэрированного золобетона и изделий на его основе. Мировой и отечественный опыт показывает перспективность использования золошлаковых смесей для вертикальной планировки городских территорий, осваиваемых для нового строительства. По санитарно-гигиеническим характеристикам и физико-химическим показателям в ряде случаев ЗШО могут служить полноценной заменой речному песку. Экономический эффект от использования ЗШО в строительном производстве заключается в экономии песка, отказе от строительства новых золоотвалов и, соответственно, в экономии капитальных вложений. Заменить кварцевый песок ЗШО можно во многих смежных технологиях, использующих его в качестве сырья или технологического агента. Это технологии пескоструйной обработки металлических поверхностей в металлургии и машиностроении, технологии производства низкотемпературных огнеупорных и теплоизоляционных материалов для ряда тепловых агрегатов. Учитывая вязущую основу тонкодисперсных ЗШО, их можно использовать в технологиях производства защитных или облицовочных покрытий на металлах и строительных сооружениях, заменяя твердый тонкодисперсный наполнитель частицами ЗШО. Материалы на основе ЗШО можно использовать для производства абразивных изделий.

Определенную ценность золошлаковые отходы имеют в сельском хозяйстве при производстве удобрений на основе кальция и магния. Одно из перспективных направлений крупномасштабного использования золы углей – приготовление из них известкового гранулированного удобрения (мелиоранта) для повышения плодородия кислых почв. Обычно в качестве такого мелиоранта применяют карбонатные природные породы – известняк и доломит. Известкование закисленной почвы является природоохранным и энергосберегающим мероприятием, позволяющим на 15-20 % снижать дозы азотных и фосфорных удобрений, уменьшая загрязнение почвы и растений, повышая экономические показатели сельхозпроизводства. Очень перспективной является глубокая (комплексная) переработка золошлаковых отходов с получением глинозема, кремнезема, концентрата железа и целого ряда редкоземельных материалов на основе металлургических и химических технологий. Комплексный подход к переработке золошлаковых отходов способен дать большой экономический эффект. Уголь, как минеральное сырье, может рассматриваться как органо-минеральное сырье, в котором комплексной переработке может быть подвергнута не только органическая, но и минеральная часть. Проблема утилизации ЗШО может быть решена еще в том случае, если при обогащении углей будет комплексно использоваться минеральная часть с выделением из нее металлов и сернистых компонентов. В кристаллической составляющей ЗШО содержится до 150 минералов и элементов, которые в справочной литературе называют «ценными и потенциально цен-

ными». Присутствие алюминия в золошлаках в количестве 15–19 % (в пересчете на глинозем 29–35 %) существенно повышает их значимость для комплексного извлечения товарного оксида алюминия. Железо представляет реальный интерес для извлечения из золошлаков при его содержании 7,5 % и выше. В настоящее время в металлургической промышленности существует перспективное техническое направление, посвященное комплексному извлечению металлов их отходов промышленного производства [5].

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – М.: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Ожогин В. В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В. В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.
3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с
4. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
5. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.

УДК 669.162

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

Кабанец А.Ю.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проведен обзор литературных источников по проблеме формирования структуры железорудных окатышей, обеспечивающей повышение реакционной способности окускованного металлургического продукта на всех этапах технологического цикла. Сформулированы условия оптимизации поровой структуры и предложены методы получения железорудных окатышей с улучшенными металлургическими свойствами.

Ключевые слова: поровая структура, реакционная способность окатышей, окускованное металлургическое сырье, железорудные окатыши.

Железорудные окатыши являются одним из основных видов металлургического сырья для производства первичного металла (30-90 % в шихте до-

менной плавки) и металлизированных брикетов, применяемых для выплавки электростали [1, 2]. К окатышам, используемым для металлизации, предъявляют повышенные требования по содержанию железа и пустой породы, химическому и минеральному составу, прочностным свойствам, восстановимости, грансоставу и др. [3]. У шихтовых материалов для производства окатышей коэффициент комкуемости должен быть более 0,5, крупность концентрата должна быть не выше 0,1 мм, содержание пустой породы – не менее 3–5 %, прочность сырых окатышей должна быть более 10 Н/окатыш. Этим требованиям должны удовлетворять железосодержащие отходы металлургического производства, подвергаемые окускованию, которые позволяют снизить себестоимость сырья. В шихте окатышей применяют металлургические шлаки, бокситовые красные шламы, другие железосодержащие материалы [1–3].

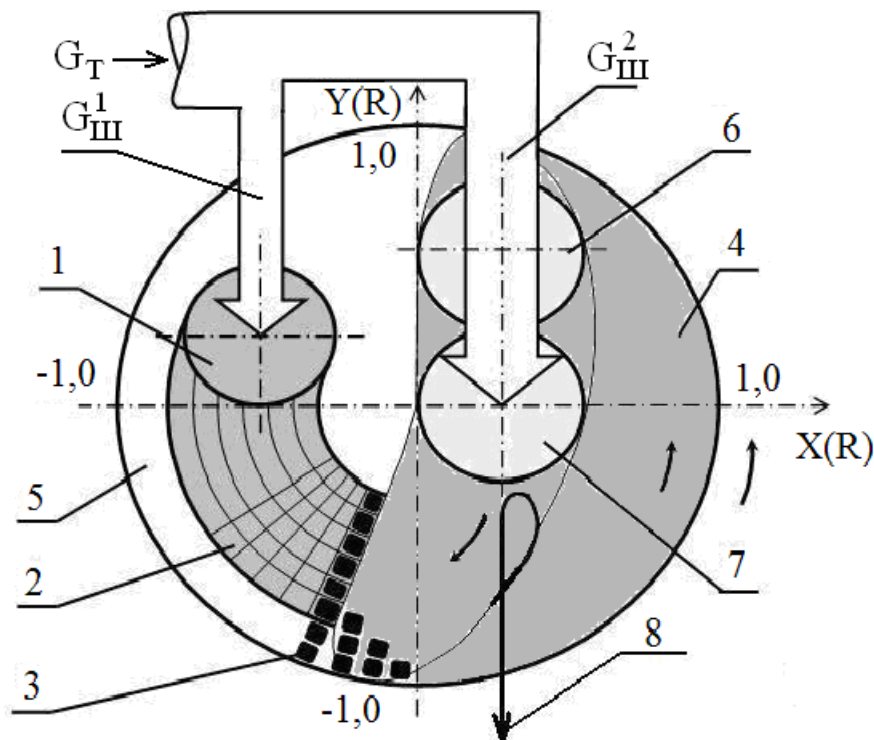
Одним из направлений улучшения металлургических свойств окатышей является формирование окатышей с повышенной реакционной способностью. Увеличение реакционной способности окатышей связано с формированием в их структуре повышенного количества пор крупных размеров, причем пористость должна быть преимущественно открытой, проницаемой для восстановительных газов, с минимальной извилистостью. Повышенная реакционная способность окускованного сырья благоприятна для режима фильтрации газов через структуру окатышей во время сушки и обжига.

Процесс порообразования в структуре окатышей остается проблемным, поскольку любое технологическое воздействие на структуру окатыша одновременно влияет на процесс формообразования и термообработки. Поэтому любое подобное воздействие необходимо увязывать с технологическим процессом окускования сырья. Порообразующие добавки (ПД), широко используемые в смежных металлургических технологиях [4], должны обладать высокими поверхностно-активными свойствами и обеспечивать необходимую холодную и горячую прочность окатышей. Они должны вносить минимальное количество вредных, балластных и других примесей, опасных для обслуживающего персонала и снижающих качество конечного продукта, не ухудшать условий плавки, обладать невысокой стоимостью. Однако при использовании угля, кокса и углеродсодержащих шламов снижаются комкующие свойства шихты, при обжиге углеродсодержащих окатышей появляется опасность появления спеков. По этой причине содержание углеродсодержащих добавок в шихте окатышей не превышает 1–2 % [5].

Чтобы исключить ограничения по использованию труднокомкуемых ПД в процессе окомкования и воздействовать на поровую структуру окатышей предложено использовать принудительное зародышеобразование, осуществляемое методом напыления влажной шихты на гарнисаж окомкователя сжатым воздухом [3, 5]. В этой технологии напыленный слой шихты (НС), разделенный на множество зародышевых фрагментов, является шихтовой матрицей для получения зародышей с управляемой структурой.

Целью работы являлся анализ методов формирования пористости окатышей с помощью теплосилового метода обработки влажной железорудной шихты в рабочем пространстве окомкователя.

Схема принудительного зародышеобразования реализуется с помощью устройства, схема которого показана на рисунке 1.

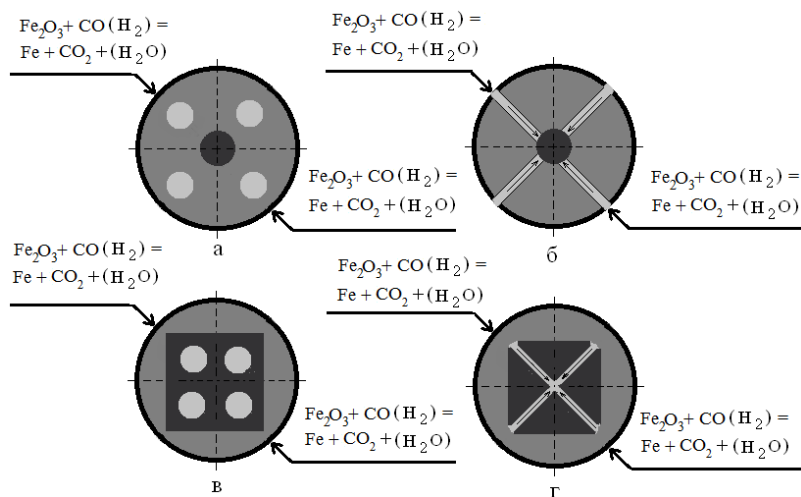


- 1 – область напыления (напыленный слой); 2 – область зародышеобразования;
 3 – зародыши; 4, 5 – рабочая и холостая зоны окомкователя;
 6, 7 – области увлажнения и доокомкования; 8 – годные окатыши

Рисунок 1 – Схема получения окатышей способом принудительного зародышеобразования

Формирование окатышей по схеме: зародышеобразование напылением шихты сжатым воздухом и доокомкование зародышей (ЗНД) начинается с принудительного зародышеобразования в холостой зоне тарели [3]. Загружаемая шихта делится на два потока $G_{Ш1}$ (20–30 % от всей массы шихты) и $G_{Ш2}$. Для принудительного зародышеобразования используется шихта потока $G_{Ш1}$, которая напыляется сжатым воздухом на шихтовый гарнисаж окомкователя. Образовавшийся напыленный слой шихты высотой 8-10 мм делят на прочные мерные фрагменты, выполняющие роль зародышей. Зародыши поступают в рабочую зону тарели, где происходит увлажнение зародышей, после чего на них накатывается шихта потока $G_{Ш2}$, необходимая для образования оболочки окатыша и формирования гранул размером 14-16 мм.

Схема взаимодействия газа-восстановителя с рудным каркасом железорудных окатышей, полученных по технологии ЗОН и ЗНД, показана на рисунке 2.



в позиции: а, в – схема окатышей с закрытыми порами;
 б, г – схема окатышей с открытыми порами

Рисунок 2 – Схема взаимодействия газа-восстановителя с рудным каркасом железорудных окатышей, полученных по технологии ЗОН – а, б и ЗНД – в, г

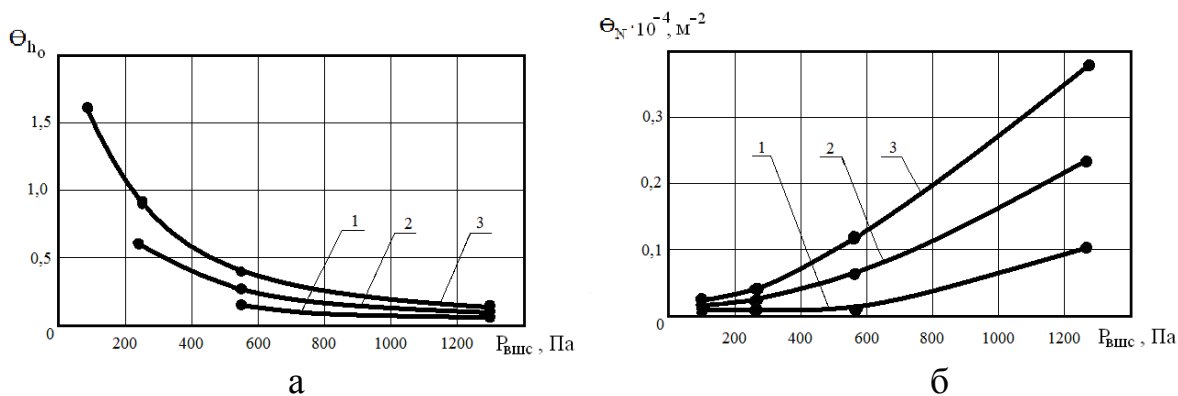
Использование метода напыления ВШС оказывает большое влияние на структуру получаемых окатышей. Повышается количество открытых пор и общей пористости окатышей, снижается значение закрытой пористости и кажущейся плотности. Влажность центральной зоны окатышей снижается на 0,5-2,2 %. Дифференцированные свойства окатышей по сечению гранул усиливают протекание термохимических процессов на границах проницаемых пор. Эта технология успешно отработана в лабораторных условиях и показала высокую практическую эффективность. Однако закономерности формирования пористости железорудных окатышей и многие другие процессы, сопутствующие новой технологии, остаются малоизученными.

Целью работы являлось исследование механизма порообразования структуры окатышей в технологии ЗНД.

Эксперименты проводили на лабораторном окомкователе диаметром 0,62 м, наклоненном под углом 45° к горизонту и вращающимся со скоростью 12 об/мин. Напыляемая шихта влажностью 8,4 % содержала железорудный концентрат Тейского месторождения и 1% бентонита. Влажную шихту напыляли сжатым воздухом давлением 0,2 МПа и расходом 0,6 м³/мин. Прочность на сжатие и плотность исследовали с помощью образцов, вырезанных из них методом режущего кольца (ГОСТ 5180-84). В каждой зоне НС, ограниченной относительным диаметром δ , равным $0 \pm 0,2$, брали 10-15 образцов пробоотборниками (режущим кольцом) диаметром 10 мм. Прочность на сжатие влажных – $P_{вл}$ и сухих – $P_{сух}$, кПа, образцов определяли по ГОСТ 17245-79 и 26447-85. Часть проб использовали для определения плотности $\rho_{вл}$, кг/м³, и влажности образцов W , %. Взвешивание проводили на электронных весах VIBRA серии AF-R220 CE. Детальная методика проведе-

ния исследований приведена в источнике [3].

Анализ макроструктуры образцов показал, что в каждой из зон НС существуют заметно выраженные структурные особенности, проявляющиеся в наличии структурных углублений и гребней [5]. В качестве параметров макроструктуры НС использовали относительную величину структурных углублений НС θ_{ho} и относительное количество структурных углублений θ_N , количество/м² (1/ м²), на его поверхности. Относительную величину структурных углублений НС θ_{ho} определяли по выражению : $\theta_{ho} = h_o / h$, где h_o – среднее значение структурных углублений, мм; h – среднее значение высоты напыленного слоя на его оси, мм. Относительное количество структурных углублений θ_N вычисляли по выражению: $\theta_N = N / f_{нс}$, где N – численное значение структурных углублений N , определяемое по количеству концентрических теневых каналов в каждой зоне НС; $f_{нс}$ – площадь напыленного слоя диаметром d , м². Параметры θ_{ho} и θ_N оценивали в зависимости от давления ВШС, относительного расстояния L/d_{ca} и влажности напыляемой шихты (рисунок 3).



Влажность шихты: 1 – 5,5 %; 2 – 7,5 %; 3 – 9,5 %

Рисунок 3 – Зависимости относительной величины структурных углублений – а и относительного количества структурных углублений НС шихты – б от давления ВШС

Установили, что в общем случае параметр θ_{ho} резко снижается с ростом давления ВШС, высота структурных углублений падает, но одновременно с этим растет средний размер НС. Большую роль на параметр θ_{ho} оказывает влажность напыляемой шихты. При $W_{ш} = 5,5$ % и давлении ВШС менее 800-1000 Па на поверхности формируются невысокие напылы и мелкие структурные углубления ($h_o < 0,1-0,2$ мм), недоступные для инструментального измерения. При $W_{ш} = 7,5$ и 9,5 % формируются крупные шихтовые напылы достаточной высоты и структурные углубления, доступные для визуального наблюдения и инструментального измерения. До давления, равного 500-600 Па, параметр θ_N растет более медленным темпом, чем при $P_{вшс} > 600$ Па (при $W_{ш} = 7,5$ и 9,5 %). Это объясняется тем, что с ростом $P_{вшс}$ интенсивность роста количества структурных углублений существенно превышает рост площади напыленного слоя $f_{нс}$ и его диаметра d . Причем с

ростом влажности шихты с 5,5 до 9,5 % параметр θ_N возрастает почти в 4 раза при $P_{\text{вщс}}=1280$ Па.

Механизм структурообразования обусловлен динамическим воздействием на НС воздушно-шихтового потока. Движущийся поток газов и частиц испытывает при движении сопротивление со стороны НС за счет сил трения. По этой причине поверхностная зона НС испытывает сдвиговые нагрузки [3]. Структурообразованию способствует создание барьеров и неровностей на пути движения частиц за счет сил трения. На формирование размеров наплывов и углублений оказывает влияние теневой эффект.

В результате экспериментов установили, что характер макроструктуры НС и структурные изменения на его поверхности существенно зависят от характеристик напыляемой шихты и параметров напыления. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что структура окатышей и характер пористости непосредственно связаны с параметрами структурных изменений на поверхности напыленного слоя.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
2. Патент № 2385351 Российская Федерация, МКИ⁷ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2008139095/02. Заявл. 01.10.2008; Оpubл. 27.03.2010. Бюл. №9 // Изобретения. Полезные модели. 2010. – № 9.
3. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
4. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.
5. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.

УДК 669.162

МЕТОДЫ ОКУСКОВАНИЯ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Калягина Е.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проанализирована проблема утилизации и последующего окускования прокатной окалины металлургического производства методом брикетирования. Сформулированы условия оптимизации структуры и предложены спо-

собы получения железосодержащих брикетов с улучшенными металлургическими свойствами.

Ключевые слова: поровая структура, железосодержащие брикеты, металлургические свойства брикетов, окускованное металлургическое сырье.

Прокатная окалина – это чешуйчатые металлические частицы различной толщины, образовавшиеся на поверхности горячекатаной стали в ходе ОМД и состоящие из окислов II- и III-валентного железа – вюстита, гематита и магнетита. По химическому составу окалина близка к чистому магнетиту (65-72 % Fe), а по гранулометрическому составу представлена в основном частицами фракции менее 0,2 мм и имеет синевато-чёрный цвет. Выход прокатной окалины составляет в среднем 1 – 3 % от массы готового проката. Ее толщина не превышает 1 мм и после ОМД она сильно сцеплена со стальной поверхностью и защищает её от атмосферной коррозии. При деформации металла при ОМД, во время последующей обработки, транспортировки или хранения окалина растрескивается и частично осыпается. Для дальнейшего использования металла окалина должна быть удалена, для чего используются газопламенная обработка, травление, абразивная и механическая очистка. В настоящее время большинство металлургических заводов могут поставлять свою продукцию без прокатной окалины, с металлическим покрытием или заводским грунтом, поверх которого допускается проведение сварочных работ. Окалина является товарным продуктом и ее используют как сырьё для производства железного порошка в процессах восстановления кипящего слоя, в конвертерном процессе, для получения первичного металла в металлургических технологиях. Значительная часть железосодержащих отходов, в том числе прокатная окалина, по содержанию железа сравнима с рудными концентратами и является ценным сырьем для металлургической промышленности. Прокатная окалина, накопленная в отстойниках после гидравлической уборки, может содержать до 1,74–3,85 % масел. Перед утилизацией окалины в агломерационном производстве ее подвергают низкотемпературному обжигу для удаления масла. Насыпная плотность окалины составляет 1,37–1,57 г/см³, истинная плотность 4,6–5,6 г/см³. Отпускная цена окалины колеблется от 2000 до 4000 руб/т. Химический состав окалины различается в зависимости от марки стали и технологии обработки. Химический состав окалины арматурного производства представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав окалины

Fe _{общ}	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
61,0-72,49	0,22-2,70	≤2,02	≤0,40	0,17-4,07
MnO	C	S	P	Ni
0,03-0,86	0,3-4,1	0,011-0,12	0,007-0,03	0,025-0,05

На рисунке 1 показана схема металлургического производства, в которую включена технология окускования металлосодержащих отходов путем производства железосодержащих брикетов.

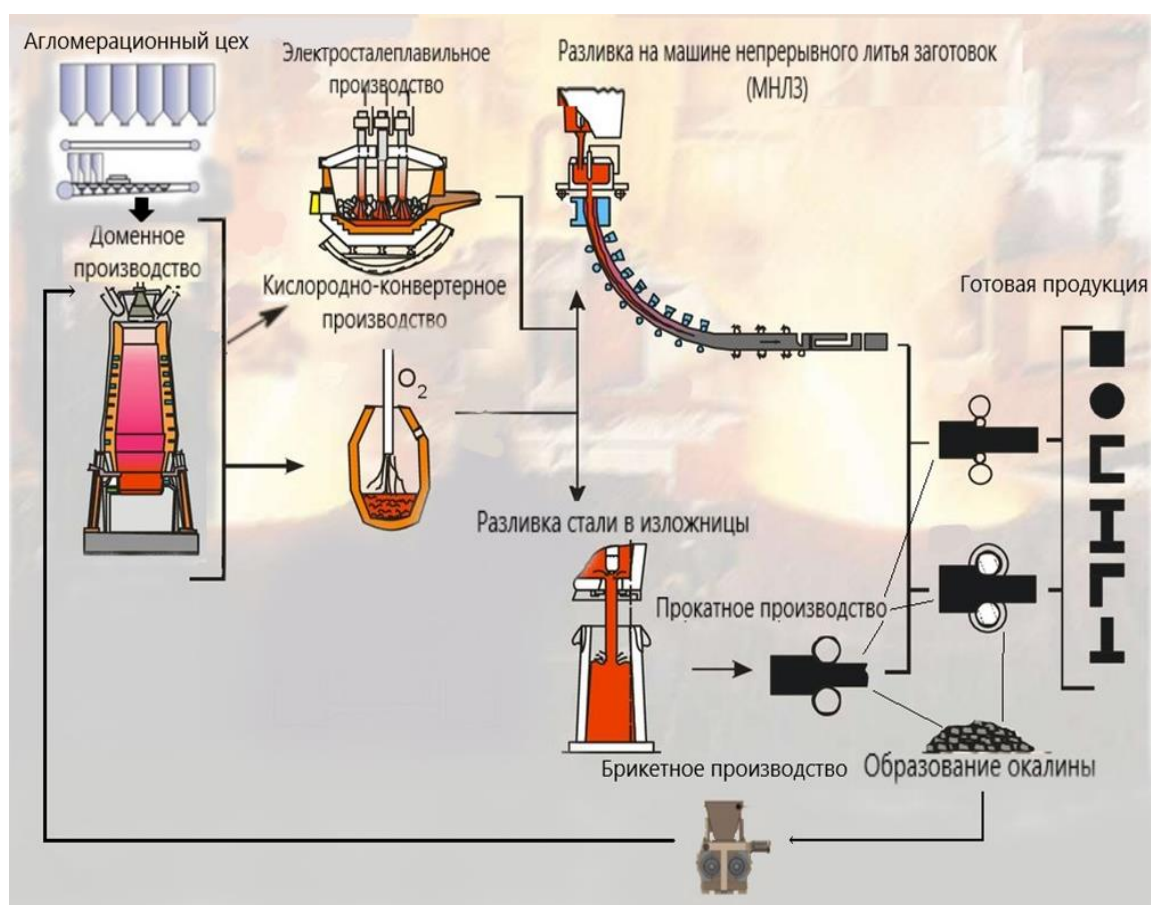


Рисунок 1 – Схема металлургического производства

Окусование является одной из актуальных задач в подготовке железосодержащих материалов к металлургическому переделу. Традиционным окусованным сырьем для таких переделов является агломерат, окатыши, брикеты [1, 2].

Сравнительная ценность окусованных продуктов металлургического производства приведена в таблице 2.

В качестве экономически эффективного и экологически безопасного способа окусования прокатной окалины предлагается использовать брикетирование, которое позволяет окусовывать труднокомкуемые материалы, содержащие грубодисперсные железо- и углеродсодержащие компоненты. Отсутствие высоких температур и больших объемов газов, требующих очистки, техническая и технологическая простота процессов, высокая экономическая эффективность делают брикетирование перспективным методом окусования дисперсных материалов. Брикетирование актуально как для заводов с полным металлургическим циклом, так и для малых заводов, на которых отсутствует аглофабрика.

Таблица 2 – Сравнительная ценность окускованных продуктов металлургического производства

№	Показатели ценности окускованных продуктов	Окускованные продукты		
		Брикеты	Окатыши	Агломерат
1	Возможность переработки и окускования отходов и шламов у источника образования отходов	+	-	+
2	Малые площади участка брикетирования, распространённость и низкая стоимость оборудования	+	-	-
3	Возможность реализации безобжиговой технологии	+	+	-
4	Возможность переработки труднокомкуемых шламов широкого гранулометрического и минерального состава	+	-	-
5	Экологическая чистота производства	+	+	-
6	Возможность формирования структуры и повышение реакционной способности окускованного сырья	+	+	-
7	Возможность применения сырья в технологиях прямовосстановленного железа (ПВЖ)	+	+	-
8	Возможность применения продуктов в других металлургических технологиях (цветная металлургия, ферросплавное, известковое производство и др.)	+	+	-

Отличительной особенностью процесса брикетирования является возможность изготовления брикетов из шихтовых смесей, эффективных для основных типов агрегатов металлургического передела. Брикетировать можно не только техногенные отходы, но и первородное мелкофракционное и тонкодисперсное сырьё. Для получения товарного продукта, пригодного для реализации на рынке вторичного сырья, брикет должен отвечать ряду требований: не должен содержать вредных и балластных для металлургического процесса примесей сверх допустимого уровня; обладать прочностью, доста-

точной для его последующей транспортировки и хранения; сохранять прочность при увлажнении во время транспортировки; не разупрочняться в ходе металлургической плавки при высоких температурах; иметь однородный и постоянный химический состав; обладать однородностью линейных размеров кусков; иметь себестоимость, сопоставимую с традиционным сырьем. Внешний вид брикетов показан на рисунке 2.



а



б



в



г

а – прямоугольная; б – цилиндрическая; в – многогранный цилиндр;
г – квадратная (подушкообразная)

Рисунок 2 – Внешний вид брикетов различной формы

Форма брикетов влияет существенным образом не только на их механическую прочность, но и на продолжительность металлургической обработки. Брикеты овальной, чечевицевидной и сферической формы способны выдерживать более высокое давление и при приложении нагрузки принимают более удобное положение, распределяя усилие сжатия равномерно на весь расположенный ниже слой материалов. Острые выступы брикетов более подвержены сколам, поэтому отсутствие острых ребер, кромок и выступов в брикетах повышает их прочность. Осыпаемость брикетов нормируется ГОСТ. Брикетируемые материалы и область применения брикетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Брикетизируемые материалы и область их применения

Место образования отходов	Брикетизируемые материалы	Область применения брикетов
Доменное и агломерационное производство	- шламы газоочисток; - пыль аспирационных установок; - коксовая мелочь и пыль - мелкодисперсное первородное сырье; - отсеvy флюсующих компонентов (доломита, известняка и пр.)	В составе доменной шихты как заменитель железосодержащего и углеродосодержащего компонентов. Для промывки металлоприемника доменных печей. Для гарнисажа доменных печей.
Сталеплавильное производство	- пыли аспирации и шламы газоочисток; - коксовая мелочь и пыль; - прокатная окалина; - стальная и чугунная стружка.	Как заменитель чугуна, стального скрапа, карбюризатора, флюсующих добавок в конвертерных, мартеновских, электродуговых печах и вагранках
Прокатное и кузнечное производство	- прокатная окалина; пыль установок аспирации.	В конвертерных, мартеновских, электродуговых печах и вагранках
Машиностроение и металлообработка	- окалина; металлоотсев и стружка; - пыль аспирации.	В конвертерных, мартеновских, электродуговых печах и вагранках
Предприятия КХП и углеродосодержащих материалов	некондиционные углеродосодержащие отсеvy и шламы.	Поставка на металлургические предприятия

Предприятий, которые занимаются исследованием и опытным производством металлургических брикетов на территории РФ и СНГ, относительно немного: ООО «ЭкоМашГео» (г. Тула), ООО «Метаком» (г. Пермь), ЗАО «Спайдермаш» (г. Екатеринбург), НМА Украины (г. Днепропетровск) и др.

Библиографический список

1. Ожогин В. В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В. В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.
2. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОКУСКОВАНИЯ ОКАЛИНЫ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Куликов Д.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проанализирована проблема утилизации и последующего окускования прокатной окалины сталепроволочного производства методом брикетирования. Сформулированы условия оптимизации структуры и предложены способы получения железосодержащих брикетов с улучшенными металлургическими свойствами.

Ключевые слова: поровая структура, окалиносодержащие брикеты, металлургические свойства брикетов, окускованное металлургическое сырье.

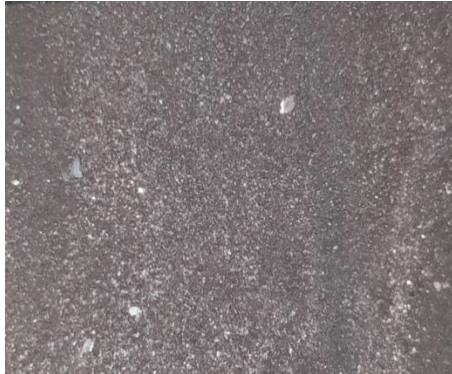
Окалина прокатного производства формируется на всех этапах сталепроволочного производства в форме сыпучих отходов, состоящие из оксидов II- и III-валентного железа – вюстита, гематита и магнетита. По химическому составу окалина близка к чистому магнетиту (65-72 % Fe), а по гранулометрическому составу представлена в основном частицами фракции менее 0,2 мм и имеет синевато-чёрный цвет. Это достаточно хрупкий материал, способный измельчаться с минимальными энергозатратами (рисунок 1). После измельчения чешуйчатая структура окалины меняется. В результате формируются частицы осколочного типа, близкие по форме частицам тонкодисперсного железорудного концентрата и железшлама конвертерного производства. В ходе экспериментов установили, что для повышения пластических свойств массы целесообразно в состав формируемой смеси для производства брикетов ввести некоторое количество железшламов конвертерного производства. Использование концентрированного жидкого стекла уменьшило длительность схватывания прессуемой массы, что привело к необходимости разбавления жидкого стекла растворителем. В результате подбора компонентов прессуемой массы при брикетировании удалось избежать расслоений, разрывов, трещин и других дефектов на поверхности получаемых брикетов. Брикеты имели форму Архимедова цилиндра, у которого высота близка диаметру прессовки. После естественной сушки брикетов их подвергали упрочняющему обжигу. Техника подготовки сырьевых материалов к экспериментам подробно описана в источниках [1, 2].



а



б



в



г

а – окалина до измельчения; б – после ручной трамбовки; в – после измельчения в дисковой мельнице; г – шлам конвертерный увлажненный

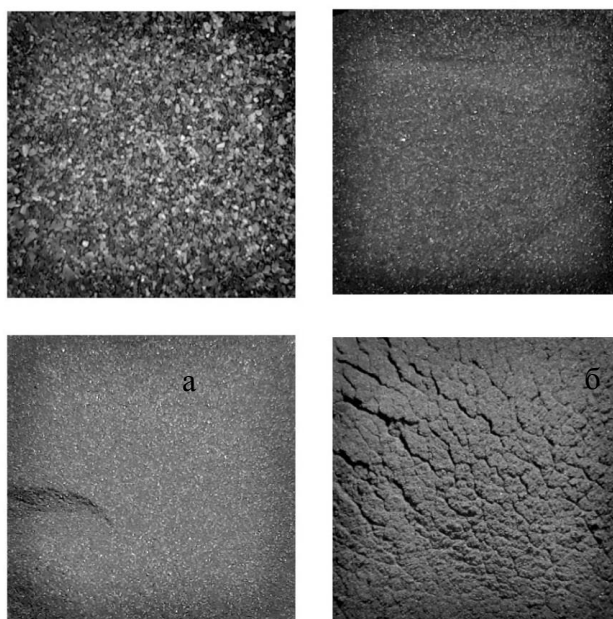
Рисунок 1 – Макроструктура отходов металлургического производства (увеличение 5^х)

Измельчение прокатной окалины проводили в печной лаборатории БТЛ кафедры ТЭ и Э СибГИУ на помольном агрегате ПМ-60. Как видно из таблицы 1 измельченная прокатная окалина сталепроволочного производства имеет полидисперсных состав. После измельчения основную массу составляют частицы размером менее 0,2 мм.

Таблица 1 – Фракционный состав измельченной прокатной окалины на мельнице

d _ч , мм	0 – 0,063	0,063 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 1,0
Содержание, %	23,05	26,85	30,92	19,16

Частицы такого состава являются идеальным материалом для брикетирования массы после дробления на дисковой мельнице. На рисунке 2 представлена макроструктура прокатной окалины различных фракций. Расслоения и трещины на поверхности сыпучей массы характерны для тонкодисперсных частиц измельченной окалины.



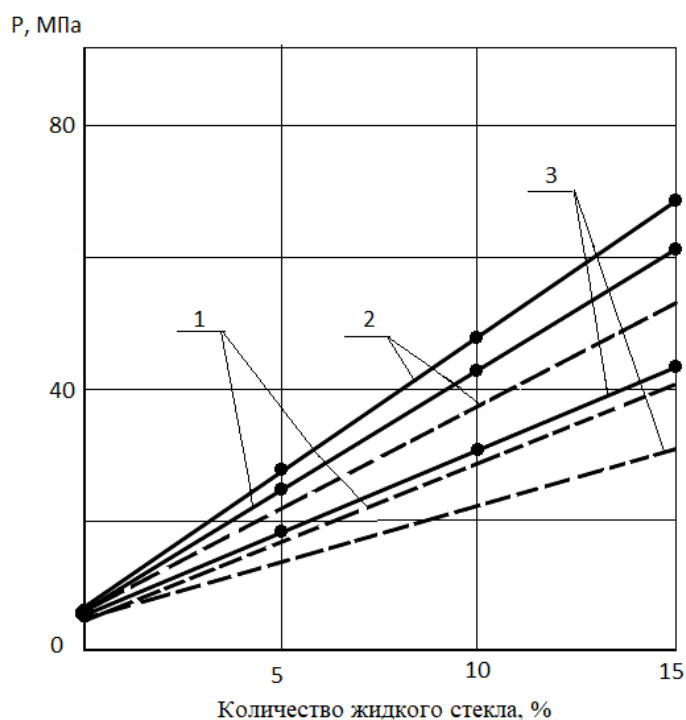
Размер частиц, мм: а – 0,2 – 1,0; б – 0,1 – 0,2.; в – 0,063 – 0,1; г – 0 – 0,063

Рисунок 2 – Макроструктура прокатной окалины по фракциям
(увеличение 5^х)

В качестве связующего для производства брикетов использовали жидкое стекло. Жидкое стекло представляет собой водный раствор силиката натрия (или калия), который после затвердевания обеспечивает высокую влагостойкость и термическую прочность (до 900-950 °С) брикетов. Выбор связующего определяется его доступностью и распространенностью, отсутствием возможного отрицательного влияния на ход технологического процесса, наличием примесей, способных ухудшить качество конечного продукта. Известно, что брикеты на жидком стекле из различных рудных, топливных и минеральных материалов были с положительным результатом испытаны в доменном, сталеплавильном, ферросплавном и в некоторых других металлургических и машиностроительных производствах. Растворимое стекло не вносит примесей, так как оксид натрия и диоксид кремния содержатся практически во всех рудных материалах.

Для формирования улучшенной реакционной структуры брикетов использования порообразующие добавки (ПД) растительного происхождения. Роль этих добавок заключается в придании брикету пористой структуры. После брикетирования прессовки должны содержать некоторое количество открытых пористых каналов, снижающих прочность брикетов в минимальной степени. Во время термообработки брикетов растительные частицы сгорают, выделяя дополнительное количество тепла, и формируют внутренний источник тепловыделения. При этом образуются сквозные пористые каналы в теле брикета, по которым в процессе восстановления оксидов газ-восстановитель диффундирует от

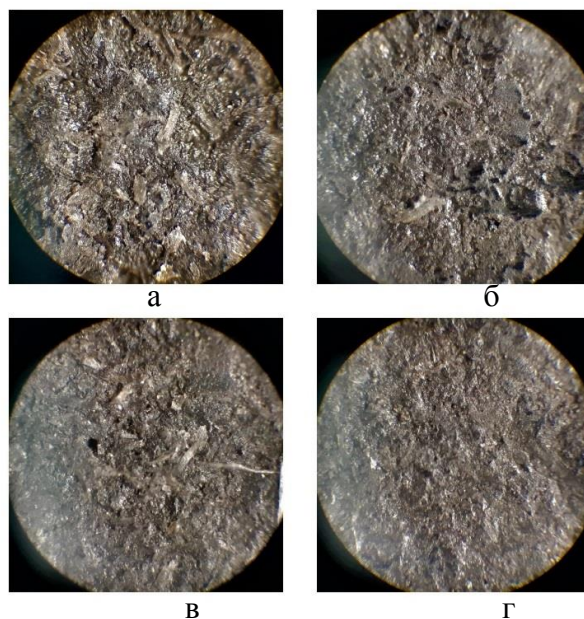
поверхности к центру брикета. В результате прогнозируется повышение степени восстановления брикетов в ходе восстановительно-термической обработки. Методика формирования реакционной структуры окускованного сырья порообразующими добавками извести из литературных источников [3, 4]. В качестве порообразующего материала использовали частицы растительного происхождения, являющиеся отходами сельхозпроизводства (измельченные стеблевые отходы злаковых культур). Зависимость прочности брикетов различного минерального состава после естественной сушки (длительность 24 часа) от количества жидкого стекла показана на рисунке 3.



- 1 – (Шихта 1: окалина 90 % + 10 жидкое стекло);
 2 – (Шихта 2: окалина 50 % + 40 % железшлам (ЖШ) конвертерного производства + 10 % жидкое стекло;
 3 – (Шихта 3: окалина 50 % + 39 % ЖШ+ 10 % жидкое стекло + 1 % порообразующей добавки.
 — — — — — жидкое стекло концентрированное;
 - - - - - жидкое стекло, содержащее 50 % растворителя

Рисунок 3 – Влияние количества жидкого стекла на прочность брикетов после естественной сушки

После естественной сушки брикеты соответствуют требованиям ГОСТ 24765 – 81, механическая прочность на сжатие которых составляет 40 – 60 МПа. Исследование макроструктуры окалиносодержащих брикетов показало, что частицы имеют достаточно плотную упаковку, а поры равномерно распределены по сечению прессовки (рисунок 4).



а, б – периферийные зоны; в, г – центральные зоны брикета

Рисунок 4 – Микроструктура шлифа брикета, обожжённого при $t = 800^{\circ}\text{C}$.
(длительность обжига 20 минут, увеличение $120\times$)

Выполненные исследования позволили ограничить содержание порообразующих добавок значением 0,5 – 1,0 %. В этом интервале содержания ПД не происходит резкого снижения прочности брикетов и формируются проницаемые поровые каналы, позволяющие увеличить реакцию способность брикетируемого сырья на всех этапах технологии.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
2. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.
4. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ «ТЕРМОРОБОТ» В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Табакова А.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

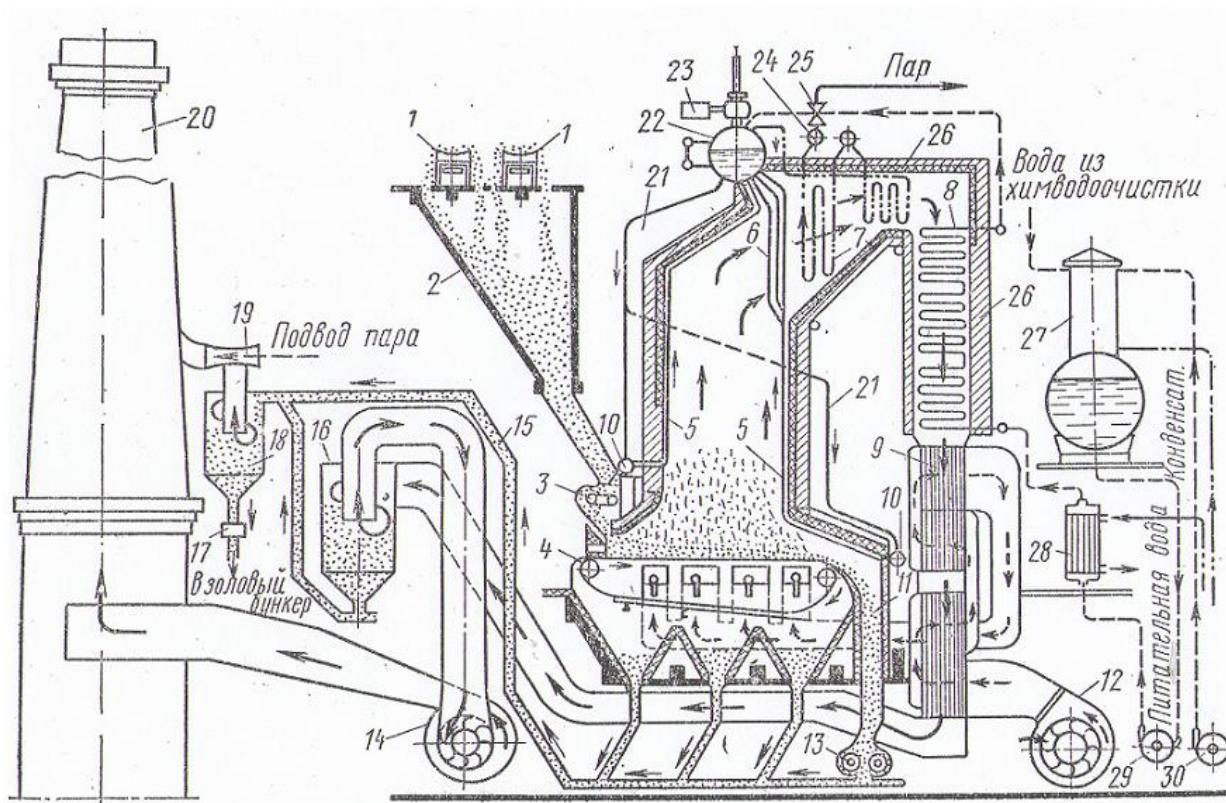
Проведен обзор информации по проблеме повышения энергоэффективности теплоэнергетического объекта путем использования современной системы топливоподачи и сжигания. Сформулированы мероприятия по реконструкции системы топливоподачи и сжигания котлоагрегатов, работающих на твердом топливе, на основе эксплуатационных показателей котлов системы «Терморобот».

Ключевые слова: энергоэффективность, процесс сжигания топлива, котлоагрегат.

В экономике России энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство. Эффективность и экономичность работы оборудования тепловых станций во многом определяются выбором топлива и методом его сжигания, совершенством и правильностью эксплуатации теплотехнического оборудования и систем сжигания топлива [1, 2]. Энергетическое топливо оценивают по теплоте сгорания, выходу летучих веществ и коксовому остатку, зольности топлива и его свойствам, влажности и содержанию серы и сернистых соединений. Неоднородность состава топлива, переменная вязкость и плотность среды являются основными причинами нестабильной теплогенерации и работы котлов, приводящие к повышенному химическому недожогу из-за ухудшения смесеобразования и качества горения, с одновременным образованием сажи и коксовых частиц. В свою очередь, это способствует интенсивному образованию плотных отложений на теплообменных поверхностях нагрева котла, что приводит к развитию интенсивной коррозии металла. Низкая эффективность технологии сжигания топлива может быть связана с повышенными присосами холодного воздуха в топку и газовый тракт котла, что увеличивает коэффициент избытка воздуха и затраты на удаление отходящих газов в дымовом тракте. Нерациональная схема размещения топливосжигающих устройств и зон зажигания также может нарушить стабильность теплогенерации. В результате этого образуется физическая неполнота сжигания топлива, приводящая к повышенному содержанию горючих в золе уноса; формируется высокий уровень температуры топочных газов, что повышает потери теплоты с уходящими газами. Неплотности газового тракта приводят к дефициту тяги и перерасходу электроэнергии на эвакуацию продуктов горе-

ния из топочного пространства.

Принципиальная схема котельной установки, работающей в слоевом режиме сжигания твердого топлива, показана на рисунке 1.



- 1 – ленточные конвейеры; 2 – расходный топливный бункер; 3 – пневмомеханический забрасыватель топлива; 4 – цепная решетка; 5 – водяные экраны; 6 – фестон; 7 – пароперегреватель; 8 – водяной экономайзер; 9 – трубчатый воздухоподогреватель рекуперативного типа; 10 – коллектор; 11 – шлаковый бункер; 12 – вентилятор; 13 – шлаковая дробилка; 14 – дымосос; 15 – золопровод; 16 – золоуловитель; 17 – клапан (мигалка); 18 – центробежный пылеуловитель; 19 – паровой эжектор; 20 – дымовая труба; 21 – опускная труба циркуляционного контура; 22 – барабан-сепаратор котла; 23 – предохранительный клапан; 24 – коллектор пароперегревателя; 25 – главный запорный паровой вентиль; 26 – огнеупорная и теплоизоляционная обмуровка; 27 – деаэратор; 28 – паровой водоподогреватель; 29 – питательный насос; 30 – конденсатный насос

Рисунок 1 – Схема котельной установки, работающей в слоевом режиме горения топлива

Схема подачи твердого топлива к котлу включает складские помещения, ленточные конвейеры, расходный (накопительный) топливный бункер и несколько пневмомеханических забрасывателей (ПМЗ). Расходный топливный бункер позволяет в случае аварийной остановки работать котлу не-

сколько часов. С помощью ПМЗ уголь равномерно загружается на колосниковую решетку, исключая ручную загрузку топлива.

Одним из недостатков традиционной схемы снабжения котлов твердым топливом являются повышенные затраты на техническое обслуживание агрегата, которые в свою очередь требуют наличия многочисленного обслуживающего персонала и ручного труда операторов котельной. Компания ООО «КраТЭК» (г. Красноярск) предлагает решить эту проблему путем использования автоматизированных угольных котлов, модульных, блочно-модульных систем отопления и быстровозводимых котельных марки «Терморобот», работающих на твердом топливе. Растущий потребительский интерес продиктован набором технических характеристик, соответствующих строгим требованиям к эффективности и экологичности теплоисточников, формирующих выгодные экономические условия использования оборудования, включая быструю окупаемость. Разработчики компании «Терморобот» перешли на оснащение котлов отечественной элементной базой, обеспечивающей выигрышное соотношение цены-качества, удобство и оперативность сервисного обслуживания. Потребителям предлагается широкая линейка выпускаемых серийно с 2010 года сертифицированных водогрейных жаротрубных котлов мощностью от 100 кВт до 800 кВт с автоматизированной шнековой системой подачи угля и удаления золы. КПД котла «Терморобот» достигает 87–89 %. Котлы предназначены для обогрева отдельных крупных жилых зданий либо поселков, а также различных промышленных и хозяйственных объектов, государственных и муниципальных учреждений.

Одним из ключевых преимуществ котла «Терморобот» является абсолютная автоматизация при производстве тепловой энергии. Работа котла «Терморобот» не требует присутствия людей и контроля оператора-кочегара. Микропроцессорная автоматика котла с высокой точностью поддерживает заданную температуру в отапливаемом помещении независимо от погодных условий. В автоматическом режиме котел «Терморобот» может работать без ограничений по времени. Лимитируют его работу только запасы топлива в бункере. При этом объем бункера может варьироваться.

В компании ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на оптимизацию и совершенствование технологии сжигания угля. За счет внедрения новых технологий достигнуто полное сжигание не только коксовой, но и газовой фазы угля, что существенно повысило КПД котла, экологичность его эксплуатации.

Одним из ключевых узлов, обеспечивающих котлам «Терморобот» продвинутые характеристики, является запатентованная линейная горелка (система сжигания топлива), позволяющая горелке работать даже на 15 – 20 % мощности с оптимальным для сжигания угля коэффициентом избытка воздуха. При работе котла шнек в горелке непрерывно шурует и передвигает горящий уголь, благодаря чему усиливается газопроницаемость слоя и интенсифицируется процесс горения всех фракций угля. Именно одновремен-

ное горение всех фракций определяет высокую удельную мощность горелки. За счет механизированной шуровки слоя угля и непрерывного перемещения шлака в зольник горелка мало чувствительна к качеству топлива и стабильно горит даже уголь с высокой зольностью. Исключается просыпание мелкой фракции топлива, и угольная пыль в топке выгорает полностью. В горелке «Терморобот» минимизированы все виды потерь тепла, входящие в тепловой баланс. Возможность использования широко распространенных и доступных на потребительском рынке марок каменных и бурых углей – еще одно технологическое преимущество котлов «Терморобот». Загрузка топлива в бункер котла может выполняться тремя способами: с выгрузкой угля из мешков со специальной машины сервисной службы через кран-балку, силами обслуживающего персонала либо (при больших подачах топлива) с помощью специальных автопогрузчиков.

Для подобного типа агрегатов целесообразно создание сервисных центров. В сервисном центре формируется собственная производственная база со складами угля, фасовочной линией по загрузке угля в мешки и складами запасных частей, парк специального автотранспорта для своевременной доставки на объекты запасных частей, а также расфасованного угля с последующей загрузкой его в бункеры котлов. При необходимости на объекты выезжают ремонтные бригады – в любое время суток, включая выходные и праздники.

Одним из ключевых элементов алгоритма высококачественного сервисного обслуживания является система круглосуточного мониторинга процесса эксплуатации котлов и управления работой оборудования посредством удаленного доступа через единый диспетчерский центр. Туда в режиме «онлайн» стекается вся необходимая информация о техническом состоянии и эксплуатационных режимах котельного оборудования. Оператор-диспетчер в режиме удаленного доступа может анализировать работу техники на соответствие установленным параметрам и характеристикам, управлять эксплуатационными процессами: в том числе производить регулировку температурных графиков, корректировку подачи угля, калибровку остатков топлива, осуществлять остановку и запуск того или иного котла.

Используя информацию, полученную в ходе эксплуатации котлов «Терморобот» компании ООО «КраТЭК», можно перечислить возможные пути реконструкции системы сжигания твердого топлива действующих котлоагрегатов, снабженных системой ПМЗ топлива (рисунок 2). Модернизация системы бункерного хозяйства должна исключать подвисание, слеживание, смерзание топлива, абразивный износ металла и учитывать проявление других негативных факторов, сопровождающих эксплуатацию угольных котельных. Необходимо предусмотреть использование резервного топлива и мероприятия по стабилизации воспламенения и горения топлива. В настоящее время для этих целей используют плазменные горелки и стабилизаторы.

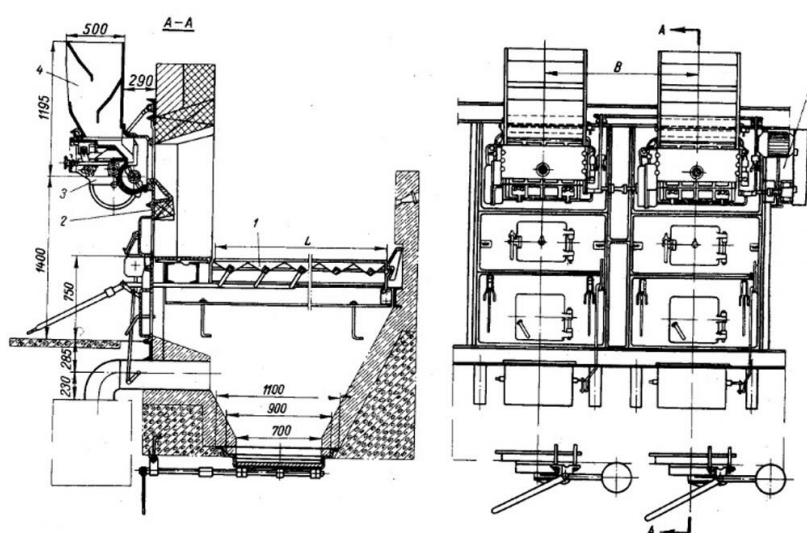


Рисунок 2 – Схема установки ПМЗ на поверхности котлоагрегата

Для повышения надежности работы ПМЗ следует исключить появление просыпи мелкого топлива через отверстия и зазоры. Необходимо предусмотреть меры для повышения износостойкости лопаток загрузочного барабана, установку фторопластовых подшипников, резервного электродвигателя, включаемого дистанционно, и другие способы, повышающие эксплуатационную надежность системы отопления. Для визуализации процесса загрузки топлива через ПМЗ на кожухе и в футеровке топочной камеры необходимо соорудить смотровые и технологические лючки, отверстия под измерительную аппаратуру, обдувочные сопла, исполнительные механизмы и другие устройства, обеспечивающие контроль и безопасность технологического процесса в удаленном доступе [3]. После реконструкции необходимо организовать работу системы отопления в тестовом режиме, что позволит отладить систему загрузки топлива в режиме «Терморобот». В производственном режиме работы потребуется создание сервисного центра по обслуживанию комплекса реконструированных котельных.

В заключении можно отметить, что выбор оптимальной схемы реконструкции является сложной задачей и зависит от дополнительных технических и экономических показателей, которые трудно учесть в рассматриваемой работе. К этим показателям относятся рыночные колебания стоимости, транспортные расходы, технологические риски и ряд других.

Библиографический список

1. Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / В.М. Фокин. – Москва: Машиностроение, 2006. – 240 с.
2. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В МЕТАЛЛУРГИИ

Домнин К.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проанализированы перспективы использования продуктов переработки отработанного минерального масла в металлургии. Приведены результаты исследования процесса брикетирования железосодержащих концентратов с использованием в качестве связующего и пластификатора продуктов регенерации отработанного моторного масла.

Ключевые слова: отработанное моторное масло, брикетирование железосодержащих концентратов и шламов газоочисток, связующие.

Проблема переработки отработанного моторного масла (ОММ) имеет несколько аспектов. Первый аспект проблемы обусловлен необходимостью ресурсосбережения в промышленности путем повторного использования ОММ в производстве по прямому назначению. Используют регенерированное ОММ в качестве моторного масла для ДВС, как наполнитель в разнообразных пластических смазках, разжижитель лакокрасок и др. Физические и эксплуатационные свойства регенерированного ОММ близки исходному материалу (таблица 1). Простейший путь переработки ОММ – сжигание в печах и топках в настоящей работе не рассматривается, хотя на практике встречается довольно часто. Второй аспект проблемы обусловлен загрязнением и отравлением окружающей среды нефтепродуктами. Есть сведения о том, что из ежегодно попадающих в окружающую среду 6 млн. т нефтепродуктов, более половины приходится на отработанные смазочные материалы, включая ОММ, который подвергают захоронению. Оба аспекта проблемы связаны друг с другом. Второй аспект проблемы обусловлен решением первого аспекта проблемы. Третий аспект проблемы связан с необходимостью утилизации и переработки собственных отходов (шламов и осадков) технологии регенерации ОММ, которая практически не решена. В этом направлении можно назвать технологию использования сорбента для очистки ОММ для производства строительных изделий и керамзита [1].

Отработанные моторные масла (ММО) представляют собой многокомпонентные дисперсные системы с определенной степенью воздействия на окружающую среду и организм человека, что определяет пути их утилизации.

Таблица 1 – Свойства моторных масел

Показатели	М-8Г ₂	Регенери- рованное мотор- ное масло	Методы ис- пытаний
Плотность при 20°С, кг/м ³	не более 905	900	ГОСТ 3900
Вязкость при 100 °С, мм ² /с	8*0.5	7,8	ГОСТ 33-66
Кислотное число, мг КОН/г	-	2,1	ГОСТ 5985
Щелочное число, мг КОН/г	6,0	-	
Зольность сульфатная, % (мас.доля)	не более 1,65	0,22	ГОСТ 1461
Температура, °С:			
- вспышки в открытом тигле,	не ниже 200	195	ГОСТ 4333
- застывания	не выше -25	-22	ГОСТ 20287
Содержание, %:			
- воды.	следы	отс.	ГОСТ 2477
- мех. примесей	не более 0,015	отс.	ГОСТ 6370

Используемые в настоящее время в мировой практике процессы вторичной переработки масляного сырья, позволяют перерабатывать отработанные масла любых марок и любого качества. Однако большинство таких процессов сложны в аппаратном обеспечении и эксплуатации и могут быть реализованы только на специализированных предприятиях.

Известно, что в составе ОММ присутствуют поверхностно-активные вещества (ПАВ), в основе которых находятся не исчерпавшие свой ресурсный срок разного рода присадки (моющие, противозадирные, дисперсионные и др.). В структуре ОММ находятся продукты окисления ОММ, которые представлены высокоорганическими (жирными и олеиновыми) кислотами, смолисто-асфальтовыми образованиями, битумами, шлаками, обводненными коагулянтами и другими элементами.

Состав шламов ОММ (масляного осадка) в настоящее время практически не изучен. По ориентировочной оценке количество шламов может достигать 5-10 % от массы ОММ, что в масштабах отдельной страны составляет значительную величину. Утилизация подобных шламов является трудной технологической задачей. Наиболее простой путь утилизации на некоторых нефтехранилищах – это сжигание его в смеси с качественным жидким топливом. Элементарный и минеральный состав некоторых шламов ОММ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Массовый и атомный состав элементов и соединений твердой фазы масляной пробы

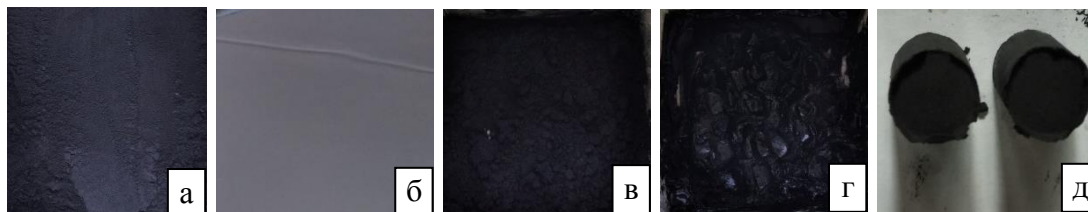
Элемент	Массовая доля, %	Атомная доля, %
C	60,18	90,29
O	16,12	-
Na	0,21	0,08
Mg	0,16	0,12
P	1,63	0,47
S	5,83	3,28
Ca	11,82	5,31
Zn	0,46	0,13
Pb	3,60	0,31
C	60,18	50,77
MgO	0,27	0,26
P ₂ O ₅	3,73	3,42
SO ₃	14,55	12,79
CaO	16,54	25,28
ZnO	0,57	0,82
PbO	3,87	6,32

Известно, что кроме вышеуказанных соединений в структуре шламов могут быть нагары и лаки, являющиеся продуктами угара масла, так и низкотемпературные грязевые отложения, попадающие из воздушного и топливного трактов двигателя, металлосодержащие продукты износа [2, 3]. Наличие в составе шламов ОММ компонентов, обладающих вяжущими свойствами (органические смолы, асфальты, кислоты), а также тонкодисперсный состав твердых продуктов износа, позволяют рекомендовать этот материал в качестве связующего материала для брикетирования дисперсных железосодержащих материалов черной металлургии (концентратов и шламов газоочисток) [4–6]. Наличие органических соединений может быть источником порообразования и формирования регламентированной структуры окучкованного сырья. Эти соединения могут входить как топливные добавки не только в рудные кусковые материалы, но и в топливные брикеты, используемые для промышленной теплогенерации и для отопления бытовых сооружений..

Целью работы явилось экспериментальное исследование процесса брикетирования железосодержащих концентратов с использованием шламов ОММ в качестве связующей добавки и пластифицирующего материала.

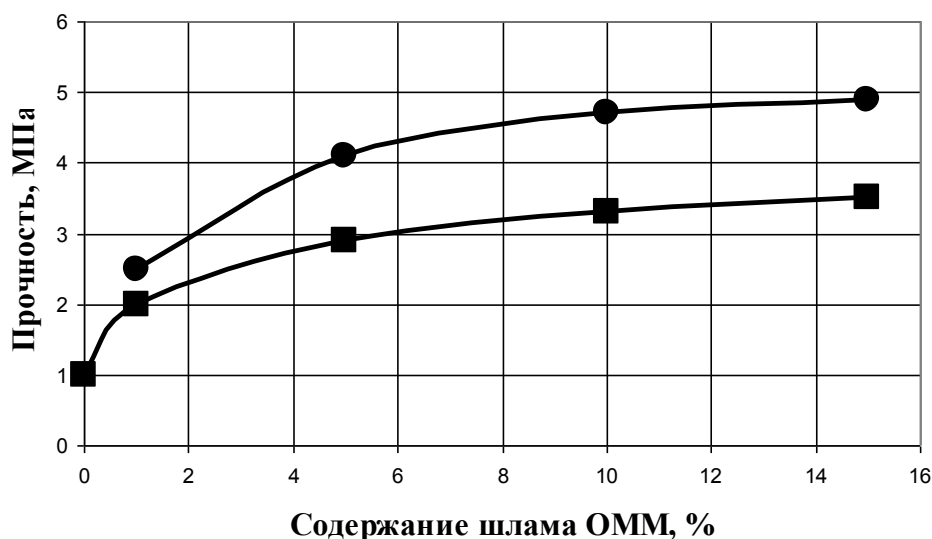
Эксперименты проводили на кафедре теплоэнергетики и экологии СибГИУ. Для экспериментов использовали ОММ цилиндропоршневой группы дизельного двигателя грузового автомобиля. Шламовый осадок был получен в результате длительного отстаивания ОММ при температуре выше 20 °С.

Для брикетирования использовали железосодержащий концентрат Тейского месторождения (содержание железа 63 %, средний размер частиц 0,068 мм). Брикетирование проводили на лабораторном прессе при давлении 50 МПа, с получением брикетов размером 15×15 мм. Результаты экспериментов приведены на рисунках 1 и 2.



а – железорудный концентрат; б – шлам ОММ; в – шихтовая смесь с содержанием шлама ОММ 1 %; г – шихтовая смесь с содержанием шлама ОММ 15 %; д – брикеты

Рисунок 1 – Внешний вид шихтовых материалов и брикетов



Брикеты: ■ – после брикетирования; ● – после термической сушки

Рисунок 2 – Зависимость прочности брикетов от содержания шламом ОММ

Установили, что добавки шламов ОММ в состав шихты брикетов являются хорошим пластификатором и вяжущим материалом для брикетирования железорудного концентрата. Длительность схватывания сырой массы увеличивается, что является несомненным достоинством техники прессования с участием шламов ОММ. Прочность сырых брикетов, содержащих шламы ОММ, достигает 3,5 МПа после брикетирования. Полученные брикеты не содержат поверхностных и внутренних дефектов и отличаются равномерностью макроструктуры. Термическое упрочнение брикетов (сушка при 105 °С в течение 30 минут) позволяет повысить прочность брикетов до 4,9 МПа. Для дальнейшего повышения прочности брикетов требуется отра-

ботка режима обжига. Оптимальное содержание шламов ОММ в составе шихты составляет 5–10 %. Упрочнение брикетов можно достичь и в процессе естественной выдержки, после которой масляно-асфальтовые соединения полимеризуются и упрочняют структуру брикетов. Полученная прочность брикетов недостаточна для стандартной величины прочности металлургического сырья (40-60 МПа). Для дальнейшего упрочнения брикетов потребуются введение некоторого количества более эффективного связующего, например жидкого стекла, часто используемого в металлургии.

Библиографический список

1. Евдокимов А.Ю. Комплексная схема переработки отработанных масел и смазок / А.Ю. Евдокимов А.Ю. [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия – 1990. 1. – С. 28–31.
2. Школьников В. М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости / В. М. Школьников. – Москва : Химия, 1989. – С. 122-124.
3. Непогодьеv А. В. Химический состав отработанного моторного масла / А. В. Непогодьеv // ХТТМ. – 1974. – № 12. – С. 50-53.
4. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
5. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.
6. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.

УДК: 662.99

ПЕРЕВОД ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

Бойко А.Р.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: boyko.ar@bk.ru*

В статье проводится обзор схемы перевода котла ДКВР 20/13 на газообразное топливо, преимущества и недостатки оборудования для сжигания топлива, а также дан анализ релевантности перехода с экологической и экономической точки зрения.

Ключевые слова: теплоэнергетика, экология, газ, котельное оборудование, топливо.

Основными проблемами котлов на твердом топливе были и продолжают оставаться: высокая стоимость топлива, количество вредных выбросов

в атмосферу, низкий КПД. Перевод котлов на газообразное топливо вызывает существенные изменения в работе котлов: резко увеличивается теоретическая температура горения, а, следовательно, и температура факела, которая прямо пропорциональна теоретической температуре горения. Увеличение температуры факела приводит к увеличению теплоотдачи в топке, так как она пропорциональна температуре в четвертой степени.

Для экранированных топок перевод на сжигание газообразного топлива позволяет уменьшить коэффициент избытка воздуха и приводит к увеличению теплоотдачи, уменьшению температуры продуктов сгорания на выходе из топки, снижению температуры уходящих газов и повышению коэффициента полезного действия (КПД).

При этом появляется ряд эксплуатационных преимуществ: возможность работы котлов в большом диапазоне изменения нагрузок, уменьшение расхода электроэнергии на собственные нужды, удлинение межремонтного периода, возможность широкого внедрения автоматизации процесса горения, улучшение условий труда и уменьшение числа обслуживающего персонала, снижение себестоимости выработки тепла, повышение культуры и санитарно-гигиенических условий эксплуатации котельных установок.

Для исследования был выбран котел ДКВР 20/13, так как данная модель является довольно распространенной, а различные вариации котлов ДКВР позволяют использовать их для любых задач. Также преимуществом использования данных котлоагрегатов является их цена и неприхотливость.

ДКВР 20/13 - это паровой котел вертикально-водотрубного типа, у которого имеется экранированная топочная камера. В его конструкцию входит также кипящий пучок. Эти элементы конструкции выполняются по схеме "D". Отличительная черта данной схемы заключается в боковом расположении конвективной части устройства по отношению к его топочной камере.

Существует три схемы перевода котлов на газообразное топливо, а именно:

- полная замена на новую ПГУ (парогазовая установка);
- демонтаж угольного котла и установка вместо него газовой турбины с котлом-утилизатором, паровая турбина с некоторыми изменениями остается та же;
- перевод угольного котла на сжигание природного газа.

Последняя схема является самой выгодной, так как имеет минимальное воздействие на существующий цикл и, соответственно, наименьшие затраты на капитальный ремонт.

Перевод угольного котла на природный газ влияет на весь газовый тракт котла, будь то котел, работающий под давлением, или работающий под разрежением. Влияет на стехиометрию сгорания и количество воздуха для горения. С точки зрения состояния рабочего тела (вода и пар) тоже произойдут изменения: сместятся зоны насыщения и перегрева, скорости течения воды и пара в тракте. Современные газовые горелки способны сжигать при-

родный газ эффективно и полностью. Из-за отсутствия в нем серы, азота и золы, при сжигании природного газа образуется значительно меньшее количество выбросов NO_x , CO , соединений серы и твердых частиц, чем при сжигании угля или нефти.

Для варианта сохранения слоевых топочных устройств широкое применение получили схемы с подовыми и с вертикально-щелевыми горелками. Преимуществом подовых горелок являются простота устройства, дешевизна, надежность и бесшумность работы, возможность перевода слоевых топок на сжигание газообразного топлива без значительных переделок.

В последнее время при переводе котлов на газ широкое применение получили подовые двухтрубные горелки. Достоинством их по сравнению с одностручными горелками является более активное участие воздуха в начальной стадии горения.

Недостатком подовых горелок является невозможность быстрого перехода со сжигания газообразного на твердое топливо без демонтажа горелочных устройств.

Ленгипроинжпроект разработал вертикально-щелевую горелку, применяемую для экранированных водотрубных котлов, горелка, которая по своей конструкции близка к подовой, но устанавливается на боковых стенах топки, что обеспечивает быстрый переход на сжигание резервного твердого топлива.

Однако, несмотря на все преимущества, при переводе котлов на газообразное топливо, придется столкнуться с необходимостью уменьшения предельно допустимых выбросов NO_x . Одними из самых эффективных методов являются:

- рециркуляция дымовых газов: 25-75%;
- селективное каталитическое восстановление: 90%;

Рассматривая перевод котла на газообразное топливо с точки зрения экономической выгоды, можно обратиться к данным по стоимости закупки разных видов топлива в Кузбассе. Средняя стоимость одной тонны каменного угля составляет 3700 рублей, расход угля 2,23 т/час. При КПД котла на угольном топливе, составляющем примерно 60%, эти цифры можно наглядно привести к некоей величине, составляющей 8251 руб./час. Для газа средняя стоимость одной тысячи кубометров составляет 3426 рублей, а расход 2060 $\text{м}^3/\text{час}$., это соответствует величине в 7057 руб./час. КПД котла на газе составляет примерно 90%.

Из этого можно сделать вывод, что, несмотря на довольно крупные начальные затраты на переоборудование котла, данное действие является экономически выгодным.

При рассмотрении перевода котла на природный газ с точки зрения экологии, можно обратиться к таблице с удельными показателями выделения вредных веществ с дымовыми газами котлоагрегатов.

Таблица 1 - Удельные показатели выделения вредных веществ с дымовыми газами котлоагрегатов

Вид топлива	Удельные показатели выделения вредных веществ, кг/т, кг/тыс м ³			
	твердые частицы	оксид серы	оксид углерода	оксиды азота
Угли донецкие	67,6	50,4	49,0	2,21
кузнецкий	53,6	7,2	51,3	2,23
карагандинский	75,2	14,4	43,9	1,97
воркутинский	67,2	14,4	45,5	2,17
подмосковный	70,4	48,6	25,8	0,95
Торф	32,6	1,8	24,0	1,25
Дрова	21,2	–	30,1	0,78
Мазут высокосернистый	6,0	54,9	37,7	2,46
Мазут малосернистый	5,6	5,9	37,7	2,57
Печное бытовое топливо	6,0	56,8	37,7	2,61
Газ (на 100 м ³)	–	–	12,9	2,16

Из данных таблицы видно, что суммарный выброс вредных веществ в атмосферу от сжигания твердого топлива значительно превышает выброс от сжигания природного газа.

Перевод котла ДКВР 20-13 с твердого топлива на газообразное возможен несколькими способами и является одним из лучших решений сразу ряда проблем. Природный газ является более дешевым топливом, а также отличается от угля меньшими затратами на его транспортировку. Продукты горения угля могут быть опасны в больших концентрациях. Добыча угля дешевле добычи газа, однако, она сильнее загрязняет окружающую среду. КПД котлоагрегата при переводе на газ увеличивается более, чем в 1,5 раза, что позволяет использовать топливо более эффективно с меньшими затратами. Котел ДКВР 20-13, использующий природный газ в качестве топлива, является более экологически безопасным и экономически выгодным.

Библиографический список

1 Котлы серии ДКВР [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://dkwr.ru/>, свободный (дата обращения 23.11.2019).

2 Бакулин В.Н. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология : Справочник / В.Н. Бакулин. – Москва : Московский энергетический институт (МЭИ), 2014. – 945 с.

3 Петров Д.В. Экономические вопросы энергосбережения и энергоаудита : Учебное пособие. – Раменское : ИПК ТЭК, 2012. – 72 с.

4 Семененко, Н. А. Котельные установки промышленных предприятий / Н.А. Семененко, Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. – Москва : Государственное энергетическое издательство, 2018. – 392 с.

5 Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания

: Справочник. В 5 томах. Том 1 / Под рук. акад. В.П. Глушко . – Москва : Всесоюзный институт научной и технической информации, 2014. – 266 с.

УДК: 621.1.016

КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Красильников В.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: vitalik.krasilnikov@mail.ru*

Рассмотрена работа когенерационной установки, в частности работающей при использовании двигателей внутреннего сгорания. Выявлены преимущества данного метода, а также предложены условия, при которых на предприятиях целесообразно использовать этот вид когенерации.

Ключевые слова: когенерация, электростанция, двигатели внутреннего сгорания, тепловая и электрическая энергия.

Когенерация — это комбинированное производство тепла и электроэнергии. На электростанции с применением технологии когенерации топливо используется для получения двух форм энергии — тепловой и электрической. Приставка «ко» в слове когенерация и означает комби. Проще говоря, когенерационная установка, показанная на рисунке 1, это тепловая электростанция.

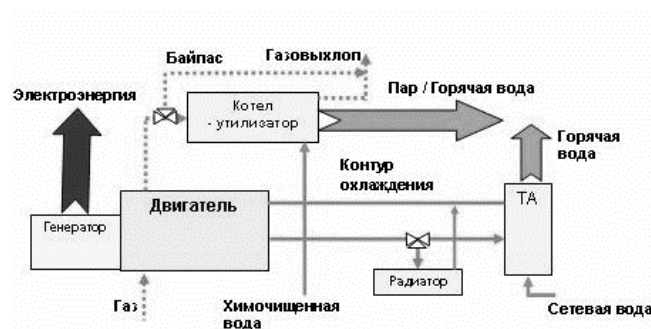


Рисунок 1 – Схема когенерационной установки

Когенераторные электростанции более эффективны в сравнении с электростанциями, производящими только электрическую энергию.

С технологией когенерации появляется реальная возможность использовать тепловую энергию, которая обычно улетучивается в атмосферу через градирни и вместе с дымовыми газами [1].

При использовании двигателей внутреннего сгорания (поршневых двигателей) возможна утилизация тепла смазочного масла, охлаждающей

воды, а также выхлопных газов.

В двигателях внутреннего сгорания (ДВС) энергия химических связей топлива преобразуется в тепловую энергию в результате сжигания. Образующиеся при сгорании газы расширяются в цилиндре, приводя в движение поршень. Механическая энергия движения поршня передается маховику посредством коленчатого вала, а затем преобразуется в электроэнергию при помощи генератора переменного тока. Благодаря непосредственному преобразованию энергии высокотемпературного теплового расширения в механическую, а затем электрическую энергию двигатели внутреннего сгорания характеризуются наибольшим тепловым КПД (производством электроэнергии на единицу использованного топлива) среди одноступенчатых (первичных) двигателей. Как следствие, они отличаются и наименьшими удельными выбросами CO_2 на единицу произведенной энергии.

Мощность существующих установок на основе двухтактных двигателей с низкими оборотами (<300 об./мин.) может достигать 80 МВт_э. Такие установки, как правило, используются в качестве базовых систем для постоянного производства энергии. Четырехтактные системы с высокими оборотами (>1500 об./мин.) имеют мощность 3 МВт_э и обычно используются в качестве пиковых источников.

Наиболее распространенными типами двигателей внутреннего сгорания являются дизель, двигатель с искровым зажиганием и двухтопливный двигатель. Установки внутреннего сгорания могут использовать широкий диапазон видов газообразного и жидкого топлива, включая природный, попутный, и шахтный газы, газ, образующийся на полигонах ТБО, биогаз, продукты пиролиза, жидкое биотопливо, дизельное топливо, сырую нефть, тяжелый мазут, топливные эмульсии и отходы нефтепереработки [2].

Как правило, стационарная ДВС-электростанция (т.е., станция, не являющаяся передвижным генератором) состоит из нескольких энергоблоков, работающих параллельно. Ряд независимо работающих установок в сочетании с высоким КПД в условиях неполной нагрузки обеспечивают надежность и гибкость энергоснабжения, позволяя наилучшим образом удовлетворять быстро меняющиеся потребности. Время запуска подобных систем из холодного состояния невелико по сравнению с аналогичной характеристикой парогазовых или паровых электростанций на угольном, нефтяном или газовом топливе. Запущенная система на основе ДВС способна оперативно реагировать на изменения нагрузки, при необходимости обеспечивая быструю стабилизацию параметров сети.

С двигателями внутреннего сгорания могут использоваться замкнутые системы водяного охлаждения, что делает водопотребление соответствующих электростанций крайне низким.

Компактная конструкция ДВС-систем делает их пригодными для организации распределенного производства тепла и электроэнергии в непосредственной близости от конечных потребителей в городских и промышленных

районах. Это позволяет снизить связанные с распределением потери в трансформаторах, линиях электропередач и трубопроводах. Типичные потери в распределительных и передающих сетях при централизованном производстве электроэнергии составляют 5-8% произведенной энергии; потери тепла в муниципальных сетях централизованного теплоснабжения составляют менее 10%. Следует иметь в виду, что наибольшие потери имеют место в сетях низкого напряжения, а также в соединениях на уровне конечного потребителя. С другой стороны, производство электроэнергии на крупных централизованных электростанциях, как правило, является более эффективным.

Высокий КПД одноступенчатой генерации на основе ДВС в сочетании с относительно высокой температурой выхлопных газов и охлаждающей воды делает эту технологию идеальным решением для когенерации. Как правило, в выхлопных газах содержится около 30% энергии, выделяющейся при сжигании топлива, а в потоках охлаждающей воды - около 20%. Энергия выхлопных газов может быть утилизирована при помощи котла-утилизатора или теплообменника, используемых для производства пара, горячей воды или горячего масла. Кроме того, горячие выхлопные газы могут быть непосредственно или косвенно (при помощи теплообменника) использованы в различных технологических процессах, например, для сушки. Потоки охлаждающей воды могут быть разделены на высокотемпературный и низкотемпературный контуры. Потенциал утилизации энергии воды зависит от минимальной температуры, отвечающей потребностям потребителя тепла. Потенциал охлаждающей воды может быть использован практически полностью в централизованной системе теплоснабжения с низкими температурами возврата. Утилизация тепла, отводимого при охлаждении двигателя, в сочетании с котлом-утилизатором энергии выхлопных газов и экономайзером, способна обеспечить использование (в форме электроэнергии и тепла) до 85% энергии жидкого топлива и до 90% энергии газообразного топлива.

Тепловая энергия может поставляться конечному потребителю, в зависимости от его потребностей, в форме пара (вплоть до перегретого пара с давлением до 20 бар), горячей воды или горячего масла. Тепло может также использоваться в абсорбционном процессе охлаждения для производства охлажденной воды.

Возможно также использование абсорбционных тепловых насосов для повышения температуры охлаждающей воды низкотемпературного контура до более высокого уровня, позволяющего использовать эту воду в системах централизованного теплоснабжения с высокой температурой возврата.

Для компенсации краткосрочных рассогласований между графиком потребностей в электроэнергии и тепле/холоде могут использоваться аккумуляторы горячей и холодной воды.

Типичный КПД (по отношению к энергии топлива) при использовании двигателей внутреннего сгорания для производства электроэнергии находится в диапазоне 40-48%; в схемах когенерации с эффективной утилизацией

тепла КПД может достигать 85 - 90%. В схемах тригенерации необходимая гибкость может быть достигнута за счет поддержания запасов горячей и охлажденной воды, а также резервных (пиковых) мощностей - компрессорных холодильных установок и работающих за счет непосредственного сжигания топлива резервных водогрейных котлов.

Принципиальное решение об использовании когенерации и выбор конкретного метода определяются рядом факторов; даже предприятия с аналогичными потребностями в энергии не могут считаться абсолютно одинаковыми в этом отношении. Во многих случаях принципиальное решение о внедрении когенерации определяется следующими факторами:

- принципиальным является наличие достаточных потребностей в тепле, отвечающих возможностям когенерации с точки зрения количества, температуры и т.п.;
- наличие у предприятия базисной нагрузки, т.е. уровня, ниже которого потребление электроэнергии опускается редко;
- сходный характер графиков потребностей в тепловой и электрической энергии;
- соотношение цен на топливо и тарифов на электроэнергию, обеспечивающее экономическую эффективность когенерации;
- высокий ожидаемый уровень загрузки (желательно более 4-5 тыс. час. работы при полной нагрузке в год).

В целом, применение когенерации оправдано на тех предприятиях, где имеются значительные потребности в тепле при температурах, соответствующих низкому или среднему давлению пара. При оценке потенциала производства с точки зрения когенерации важно убедиться в том, что нет оснований ожидать существенного сокращения потребностей в тепле. В противном случае эксплуатация системы, рассчитанной на производство избыточного тепла, окажется неэффективной [3].

Использование когенерационных систем на основе двигателей внутреннего сгорания, рисунок 2, может быть целесообразно на предприятиях, где выполняются следующие условия:

- потребность в энергии носит циклический характер или не является постоянной;
- существует потребность в паре низкого давления или горячей воде средней/низкой температуры;
- требуется высокое значение соотношения электрической и тепловой энергии;
- если доступен природный газ, предпочтительным является использование двигателей внутреннего сгорания на этом виде топлива;
- если природный газ недоступен, могут использоваться дизельные двигатели на мазуте или сжиженном нефтяном газе;
- при электрической нагрузке менее 1 МВт_э - искровое зажигание (доступны системы мощностью от 0,003 до 10 МВт_э);

- при электрической нагрузке более 1 МВт_э - воспламенение от сжатия (доступны системы мощностью от 3 до 20 МВт_э).

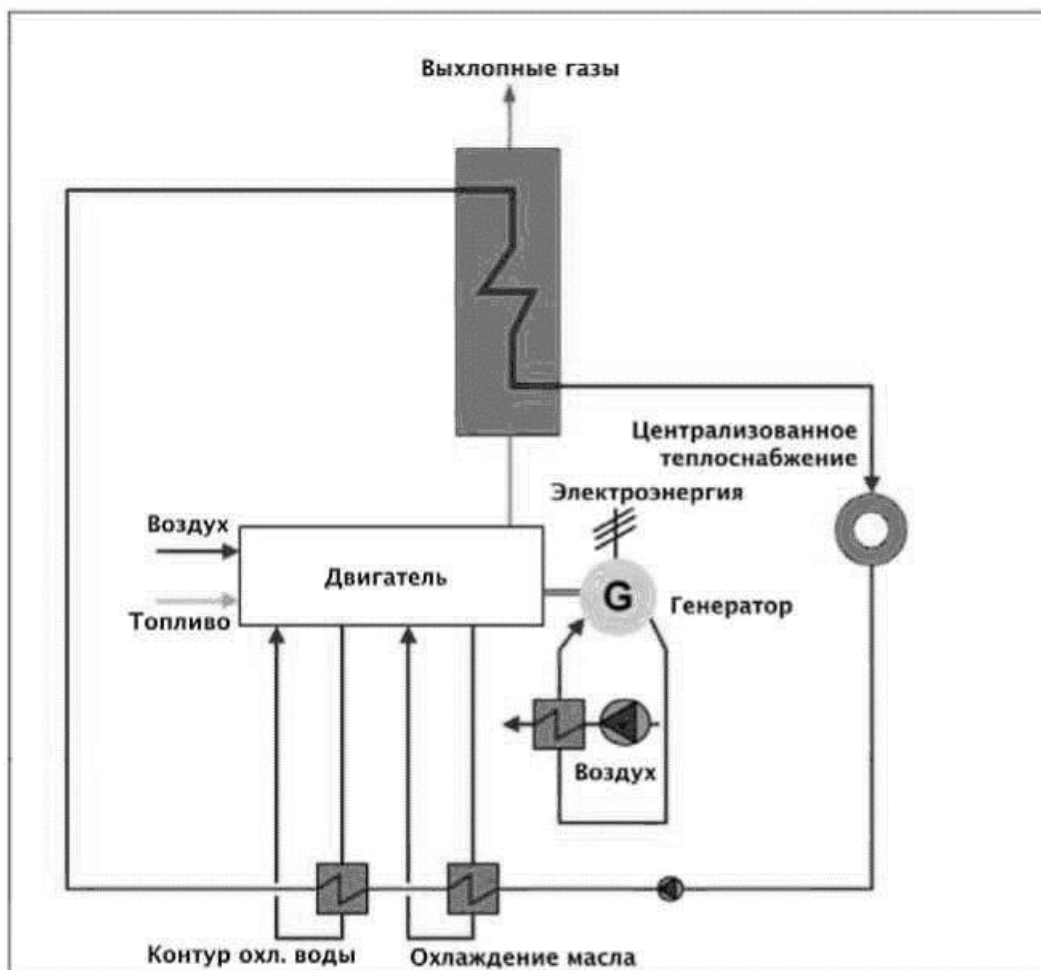


Рисунок 2 - Когенерационная установка на основе двигателя внутреннего сгорания

Библиографический список

1. Барков В.М. Когенераторные технологии: возможности и перспективы // «ЭСКО» электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы».- №7.-2004.
2. "Энергосовет" - всё об энергосбережении в интернете [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=97>, свободный. (дата обращения: 20.02.2020).
3. Ситников. В. Экологические выгоды когенерации.//«ЭСКО» электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы».- №7.- 2005.

ОБЪЕКТЫ ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ

Коньшев Л.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lkonishew@icloud.com*

В статье проводится обзор и оценка перспектив использования водородного топлива с точки зрения экологии. Приведены примеры внедрения технических устройств в области генерации энергии, работающих на водороде.

Ключевые слова: теплоэнергетика, альтернативные источники энергии, водородная энергетика, водород, электростанции.

Водород – самый распространенный элемент во вселенной. Использование его в качестве топлива гарантирует экологичность процесса и высокую эффективность относительно других горючих.

Лучшие умы человечества еще с середины прошлого столетия пытаются найти способ применения в промышленных масштабах водорода. Однако, кроме технических сложностей идеям ученых и инженеров мешают осуществиться люди, лоббирующие добычу углеводородов. Поскольку объемы добычи нефти, природного газа и угля с каждым годом растут, сильные мира сего, в числе которых владельцы огромных корпораций по добыче и переработке углеводородов, заинтересованы в том, чтобы на их рыночное предложение сохранялся спрос. Но есть и хорошие новости. Не смотря на это, объемы производства водорода в мире постепенно возрастают, и при дальнейшем развитии в этом направлении энергоноситель мог бы служить источником для локального снабжения тепловой и электрической энергией. Будучи произведенным из воды с помощью возобновляемых или ядерных ресурсов и технологий, водород становится наиболее привлекательным топливом, способствующим устойчивому развитию как локальной, так и мировой экономики.

Еще одним достоинством водорода как источника энергии является возможность электролиза в специальных установках [1]. Стоит отметить, что существующие на рынке технические решения еще очень далеки от совершенства. Срок окупаемости капитальных затрат на приобретение, монтаж и эксплуатацию оборудования существенно превышает экономически целесообразный. Однако это не значит, что у водородной энергетике нет будущего [2-5]. Миру уже известны успешные кейсы по запуску и эксплуатации электростанций, работающих исключительно на водородном топливе, а также в комбинированном режиме. Далее речь пойдет именно о них.

Fusina hydrogen power station – это электростанция, расположенная в

Фузине, недалеко от Венеции в Итальянском регионе Венето (рисунок 1). В апреле 2008 года была открыта строительная площадка завода промышленных размеров, после чего в установленные сроки были проведены инфраструктурные и технологические работы. Первоначальные испытания турбины с использованием метанового газа были проведены весной 2009 года, и после завершения строительства специального трубопровода завод перешел на потребление водорода.



Рисунок 1 – Общий вид Fusina hydrogen power station

Подача топлива обеспечивается соседней компанией Eni's Polimeri Eucora Cracker, которая использует водород для запуска своих собственных заводов. Он также использует сырье, полученное в качестве побочного продукта в производственном процессе на соседнем нефтеперерабатывающем заводе Eni's в Porto Marghera.

Расход топлива составляет 1,3 тонны водорода в час, имеет общий КПД около 42%, по существу, отсутствуют вредные выбросы. Электрическая мощность равняется $60 \cdot 10^6$ кВт·ч/год. В пересчете на твердое топливо станция позволяет избежать более 17 000 тонн выбросов CO_2 в год. Число потребителей составляет более 20000 индивидуальных пользователей.

Водородная электростанция Fusina имеет мощность 12 МВт, а также дополнительные 4 МВт, полученные за счет повторного использования нагретого газа от водородной турбины в существующей установке Andrea Palladio Fusina (угольная установка мощностью 960 МВт). Станция работает полностью на водородном топливе, однако также предусмотрено комбинированное использование H_2 и природного газа.

В декабре прошлого года на Портовом острове Кобе была завершена демонстрационная установка водородной когенерационной системы. Установка представляет собой водородную газотурбинную электростанцию мощностью 1 МВт (рисунок 2).



Рисунок 2 – Испытательная установка в г.Кобе

Тестовая эксплуатация была проведена в январе 2018, а тепло- и электроснабжение с использованием природного газа опробовано в феврале 2018. Базовым испытанием для проверки была подача тепла и электроэнергии на 4 муниципальных объекта: Главный госпиталь Медицинского центра города Кобе, спортивный центр, Международный выставочный зал Кобе и центральное очистное сооружение города.

Представленный на рисунке 3 контрольный экран установки иллюстрирует, что технология сжигания позволяет использовать в качестве топлива исключительно водород (однотопливное сжигание), либо смесь водорода и природного газа в произвольных пропорциях (многотопливное сжигание).

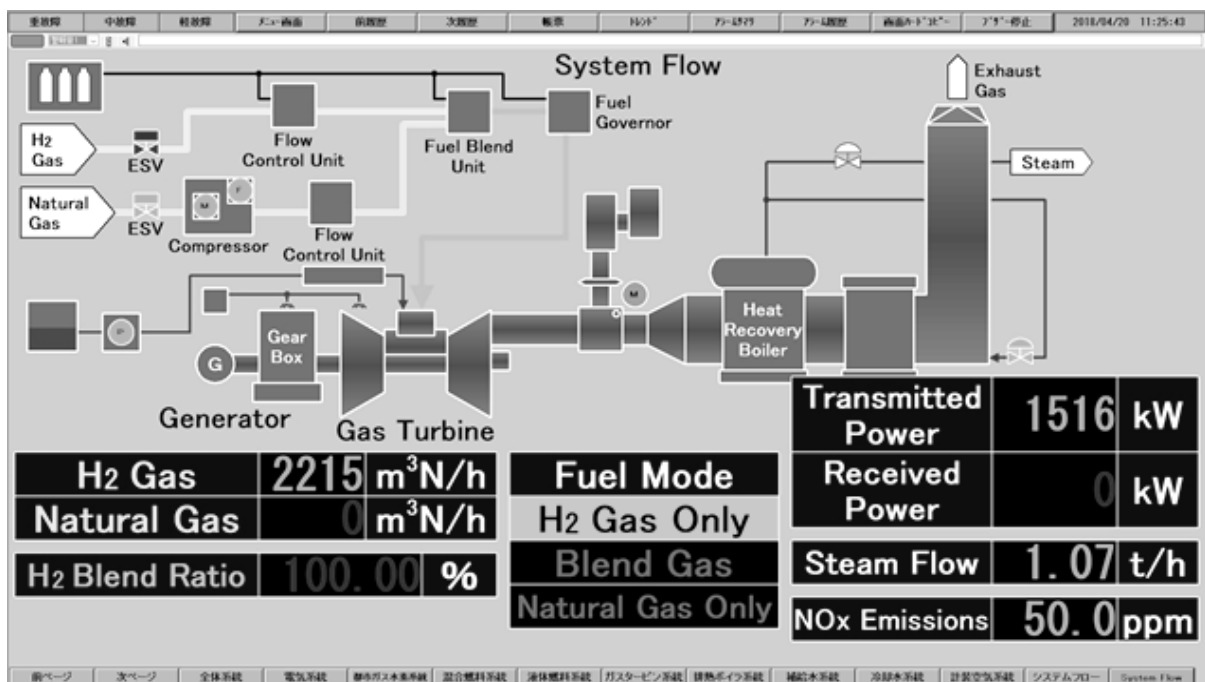


Рисунок 3 – Контрольный экран установки Kawasaki

Предельная мощность ТЭС составила 4 МВт. В данный момент проект находится в стадии завершения, ко второму кварталу 2020 года планируется обеспечить энергией и горячим водоснабжением весь остров Кобе.

Вероятно, в обозримом будущем энергетическую промышленность ждут серьезные изменения. В связи со вступлением в силу Парижского соглашения [3], согласно которому государства, его подписавшие, обязаны строго контролировать объемы эмиссии CO₂, актуализируется разработка проектных решений по переходу на альтернативные источники энергии, а также по сокращению и переработке отработавших дымовых газов. Именно сейчас водород может стать надежной опорой экономики и сохранить нашу планету в добром здравии для следующих поколений, что в полной мере соответствует Концепции устойчивого развития [6], которую разработало и приняло мировое сообщество государств.

Библиографический список

1. Радченко Р.В. Общая энергетика: водород в энергетике [Текст] / учебное пособие для вузов / Р.В. Радченко [и др.]. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 230 с.

2. Радченко Р.В. Водород в энергетике [Текст]: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 229 с.

3. BBC News: Прошло три года, и Россия присоединилась к Парижскому соглашению по климату [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://www.bbc.com/russian/news-49798617>, свободный (дата обращения 13.03.2020).

4. Postnauka: Проблемы водородной энергетики [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/95574>, свободный (дата обращения 16.03.2020).

5. Postnauka: Водородная энергетика [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/41197>, свободный (дата обращения 16.03.2020).

6. Коваленко Е.Г. Модернизация механизма устойчивого развития сельских территорий [Текст] / учебное пособие для вузов / Е.Г. Коваленко [и др.]. – Москва : Издательство Академия Естествознания, 2014. – 166 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПВС АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМЕННОГО ГАЗА

Леванов Д.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: floren.lord@gmail.com*

В статье проводится анализ котельного агрегата как теплоэнергетического объекта. Рассмотрены основные проблемы энергосбережения и экономии топлива в теплоэнергетике вообще и на паровоздуходувной станции (ПВС) конкретно. Обсуждены вопросы практики применения теплоутилизирующих и энергосберегающих технологий в теплоэнергетике Кузбасса и России.

Ключевые слова: паровой котел, ПВС, теплоэнергетика, энергосбережение, экономия топлива, теплоутилизация, экологические аспекты сжигания топлива.

Объектом обсуждения является паровой котел типа ПК-20-2, изготовленный Подольским заводом им. С. Орджоникидзе. Номинальная паровая производительность - 110 т/ч при давлении пара в барабане 110 кгс/см² и перегретого пара за главной паровой задвижкой 100 кгс/см², температура перегретого пара 540 °С.

Горючие газы промышленных производств (доменный, коксовый и другие) являются побочными продуктами основного производственного цикла, и затраты на их получение входят в стоимость основной продукции.

Подготовка газообразного топлива к сжиганию относительно не трудоемка, поскольку обычно ограничивается пылеочисткой, реже – сероочисткой и подогревом, а при использовании в газотурбинных установках (ГТУ) – компрессией. Сжигание осуществляется на размещаемых на территории предприятия газоиспользующих агрегатах.

В настоящее время утилизация бедных промышленных газов с выработкой тепловой и электрической энергии практически реализуется по трем технологиям, две из которых включены в европейский Перечень (НДТ) Наилучших Доступных Технологий для металлургической промышленности.

Сжигание бедных промышленных газов в котлах и печах. Эта технология находит наиболее широкое применение в России и во всем мире. Она предусматривает совместное сжигание доменного газа с природным или коксовым газом в топке парового котла или в печах. Например, на утилизационной ПВС АО «ЕВРАЗ ЗСМК» доменный газ, обогащенный коксовым или природным газом, сжигается с целью выработки электрической и тепло-

вой энергии для покрытия собственных нужд, а также с целью производства дополнительного количества пара для собственных нужд. С вводом ПВС уровень самообеспечения паром вырос до 56–60 %, повысилась энергетическая независимость ЗСМК от внешних источников и одновременно была решена задача утилизации доменного газа (в смеси с природным газом) в объемах до 360 тыс. м³/ч (расход природного газа – 12 тыс. м³/ч).

Основными потребителями доменного газа являются теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и ПВС. ТЭЦ потребляет 300000 м³ / час. на один котел, т.к в котельном цехе установлен всего один котёл работающий, в основном, на доменном газе. На ПВС требуется 340000 м³ / час. доменного газа на 7 котлов. Конструкция котлов на ПВС позволяет потреблять большее количество доменного газа, но пропускная способность горелок не рассчитана на такой объем.

Сжигание газа с низкой и высокой теплотой сгорания. В топочную камеру газ и окислитель подаются через горелки. Назначением горелки, кроме ввода в топку необходимых для достижения заданной производительности агрегата количеств газа и окислителя, является организация смесеобразование и создания у ее устья устойчивого фронта воспламенения для зажигания выходящей из горелки газовой смеси.

Для сжигания газов применяется большое число различных типов горелок, отличающихся как по принципу работы, так и по конструктивному оформлению.

Шведский концерн CTC-Bentone AB является одним из крупнейших производителей жидкотопливных и газовых горелок в Европе. Газовые горелки Bentone соответствуют самым строгим экологическим стандартам ("Белый Лебедь" и "Голубой Ангел").

Концерн CTC-Bentone AB производит как газовые, так и дизельные горелки мощностью от 14 до 3200 кВт, которые могут устанавливаться практически на все типы котлов крупных европейских производителей: WOLF, Buderus, ACV, Vaillant, Protherm, FERROLI, Viessmann, De Dietrich, CTC, JASPI, Bosch, Riello, ELCO, ЗИОСАБ, Beretta, КЗ, SCHAFER, Вахі и т.д. Жидкотопливные горелки могут работать на различных видах топлива с вязкостью в пределах от 1,2 до 18,0 St при температуре 20° Цельсия (дизельное летнее и зимнее топливо, авиакеросин, керосин осветительный), обеспечивают высокий КПД – 95-97 % и экологичность.

Газовые и жидкотопливные горелки Bentone поставляются в более 70 стран мира и адаптированы к каждой конкретной стране. Газовые горелки Bentone, поставляемые в Россию, имеют заводскую адаптацию к российскому давлению газа (13 мбар), обладают пониженным уровнем шума, снабжены автоматикой, обеспечивающей повышенную устойчивость к перепадам давления газа и электропитания.

Горелки Bentone работают в диапазоне температуры окружающей среды от –20 до +60°С.

Газовые горелки фирмы Bentone AB называют горелками синего пла-

мени, свидетельствующего о большей чистоте процесса горения. Данный эффект достигается путем хорошо продуманных инженерных решений.

Газовые горелки Ventone оснащены автоматикой, позволяющей автоматически включаться при возобновления подачи электроэнергии после ее сбоя.

Горелки широко используются в отопительных системах как для частных, так и для многоквартирных домов, а также на объектах социального и промышленного назначения.

Концерн производит широкий ассортимент газовых и жидкотопливных горелок мощностью от 14 до 2500 кВт, которые могут устанавливаться практически на все типы котлов крупных европейских производителей.

Все газовые и дизельные горелки Ventone имеют унифицированный присоединительный узел, что позволяет:

- переходить с жидкого на газообразное топливо простой заменой горелки;
- использовать жидкотопливные и газовые горелки на котлах большинства производителей котельного оборудования, использующих вентиляторные горелки и придерживающихся европейского стандарта на конструкцию присоединительного узла;
- использовать горелки STC-BENTONE AB на котлах Российских производителей.

Горелки газовой малой мощности Ventone STG приведены в таблице 1. Таблица 1 - Горелки газовой малой мощности Ventone STG

Модель	Мощность, кВт	Расход топлива, м ³ /час	Газовое подсоединение, дюйм	Рабочее давление газа, мбар
BG 300-2 R	30-190	4,0 - 19,0	1	13
BG 400-2 R	60-318	6,0 - 31,8	1	20
BG 400-2 R	60-318	6,0 - 31,8	1 - 2	13
BG 200-2 R	25-105	2,5-11,5	1	13

Горелки могут работать со всеми видами газообразного топлива. Подсоединение газопровода возможно как справа, так и слева, с использованием antivибрационной сильфонной вставки. Обязательным условием является установка прессостата тяги, индивидуального газового фильтра, а в помещении котельной датчика загазованности и подключенного к нему отсечного электромагнитного клапана. Горелки имеют широкий диапазон регулирова-

ния мощности, питаются от сети 220В, 50 Гц.

В таблице 2 представлены модели горелок, подходящие по различным параметрам для сжигания промышленных газов.

Таблица 2 – Модели горелок

Модель	Мощность, кВт	Расход топлива, м ³ /час	Газовое подсоединение, дюйм	Рабочее давление газа, мбар
BG 300-2 R	30-190	4,0 - 19,0	1	13
BG 400-2 R	60-318	6,0 - 31,8	1	20
BG 400-2 R	60-318	6,0 - 31,8	1 - 2	13
BG 200-2 R	25-105	2,5-11,5	1	13

В заключение следует отметить, что замена старых горелок с малой пропускной способностью на более современные позволит:

- 1) увеличить потребление доменного газа;
- 2) уменьшить потребление природного газа;
- 3) уменьшить затраты на готовую продукцию.

С увеличением потребления доменного газа, т.е. с его частичной утилизацией, снижается выброс на свечи сжигания избыточного газа, что приводит к улучшению экологической ситуации в цехе, городе и регионе.

Библиографический список

1. Третьяков А. Н. О влиянии на атмосферу предприятий теплоэнергетического комплекса / А.Н.Третьяков, Е.В.Перегудина, С.В.Азарова. – Молодой ученый. – 2015. – №11. – С. 562– 566.
2. Попов А.И. Уменьшение вредных выбросов при сжигании водомазутной эмульсии / А.И.Попов, Н.В.Голубь, В.И.Ерофеева, А.К.Харитонов, А.И.Щупарский // Энергетик. – 1983. – №2. – С.11– 14.
3. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебник для техникумов. – Москва : Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
4. Кормилицын В. И. Экологические аспекты сжигания топлива в паровых котлах. – Москва : Издательство МЭИ, 1998. – С. 244-255.
5. Гапеев В.В. Программа ГКНТ «Экологически чистая ТЭС». Основные проекты. – Теплоэнергетика. – 1993. – № 4. – С. 5 – 12.
6. Выскубенко Ю.А. и др. Comprehensive Report to Congress «Clean Coal Technology Program. Completing the Mission». US Department of Energy. May, 1994.

ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Мицкевич И.И.

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.,
канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: mitskevich.mii@mail.ru*

В статье проводится обзор водорода как современного экологичного топлива. Приведены основные способы получения водорода в промышленных масштабах. Проанализированы основные достоинства и ограничения, связанные с внедрением водорода в качестве альтернативного источника энергии.

Ключевые слова: теплоэнергетика, альтернативные источники энергии, водородная энергетика, водород, топливо.

Водород – это очень чистое и крайне эффективное в плане экологии топливо. Уже сейчас крупномасштабное использование водорода освоено в промышленных химических процессах, а также в ракетостроении.

Производство водорода в мире неуклонно растет, а при дальнейшем развитии этот энергоноситель мог бы служить источником энергии для локального производства электричества и тепла, бытового энергоснабжения, аккумулялирования энергии, для транспорта, в том числе для заправки автомобилей. Будучи произведенным из воды с помощью возобновляемых или ядерных ресурсов и технологий, водород становится наиболее привлекательным топливом, способствующим устойчивому развитию мировой экономики.

Еще одним достоинством водорода как источника энергии является возможность прямого преобразования энергии химической реакции его соединения с кислородом в электрический ток в так называемых топливных элементах. Однако существующие технологии производства самого водорода и получения из него электроэнергии еще очень далеки от совершенства. Но это не значит, что от водородной энергетике следует отказаться [1].

На сегодняшний день известно несколько способов получения водорода, которые условно можно разделить на физические, электрохимические и химические.

К физическим методам относятся те процессы, в которых исходное сырье (газ) уже содержит свободный водород, и необходимо лишь тем или иным физическим путём отделить его от прочих компонентов. Например, из нефтезаводских газов, которые представляют собой смесь водорода и углеводородов, водород извлекается с помощью глубокого охлаждения, адсорбции и абсорбции, а также диффузии через мембраны с избирательной про-

нительностью для водорода.

В электрохимических методах выделение водорода из его химических соединений осуществляется диссоциацией под действием электрического тока. Химические методы получения водорода являются наиболее распространенными в целом, и, в особенности, для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Широкое распространение получили такие методы, как неполное окисление горючих ископаемых (конверсия и газификация), а также разложение горючих ископаемых под действием высоких температур.

Что же касается традиционных направлений получения водорода, то они определяются масштабами его производства и областью применения (рисунок 1) [2].

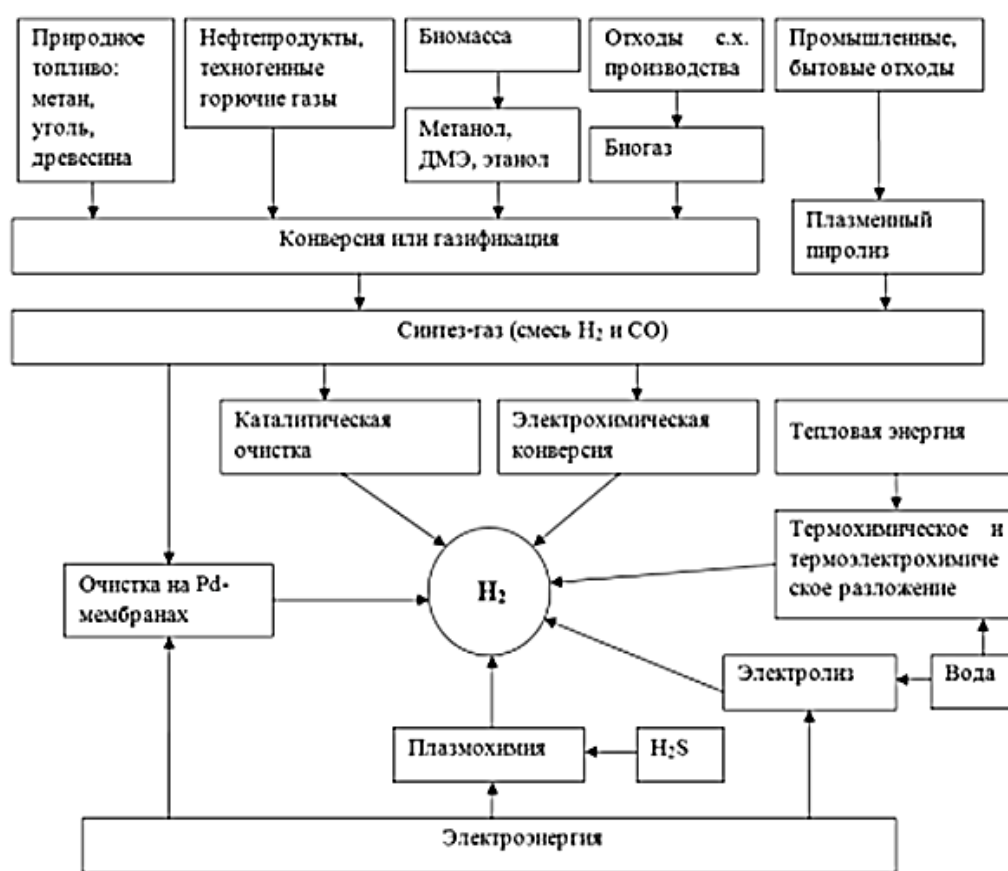


Рисунок 1 – Возможные источники и пути получения водорода

Но такое перспективное направление как водородная энергетика до сих пор не распространено и повсеместно не используется. Это связано со множеством факторов и проблем, связанных с разработкой эффективных, экономически выгодных и безопасных процессов и оборудования, обеспечивающих производство водорода, его использование, а также компактное хранение [3].

Сначала нужно получить либо электроэнергию, либо водород. Получая электроэнергию, мы также загрязняем окружающую среду. Чтобы получить

водород, надо затратить электроэнергию. Если мы затрачиваем «грязную» электроэнергию, то получаем «грязный» водород. Он является чистым там, где мы его используем, но грязным там, где мы его получаем.

Несовершенства технологий получения водорода накладывает свои ограничения. Дешевые способы производства, такие как паровая конверсия, создают дополнительную проблему очистки водорода от «грязных» компонентов. Водород должен не загрязнять окружающую среду не только оксидами азота, но и любыми другими способами. Говоря об экологичности применения водорода, имеется в виду не только прямое загрязнение химическими веществами, но и загрязнение парниковыми газами – углекислым газом или метаном. Если мы производим конверсию из углерода, углерод все равно выбросится в виде углекислого газа.

Другие способы, такие как электролиз, очень дороги, так как требуют колоссальных затрат электроэнергии. Но и это ограничение можно обойти, если иметь много дешевой излишней электроэнергии. Такую электроэнергию можно получить, например, используя возобновляемые источники энергии (ВИЭ) или же на атомных электростанциях (АЭС).

Альтернативная энергетика в настоящее время имеет небольшую долю в общемировом производстве электроэнергии и имеет множество проблем, которые также предстоит решить. Генерирующие электростанции, включая атомные, работают на постоянной мощности, и эта мощность выше, чем нужна потребителям, т.к. она рассчитана на максимальные нагрузки. Эти избытки электроэнергии можно утилизировать – использовать для получения водорода. Особенно это актуально для атомных электростанций, изменить мощность которых сложно, а мощность сама по себе огромна [4].

Использование водорода как источника энергии сопряжено и с традиционной проблемой выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Если водород сжигать при температуре выше 600 °С, то продуктом сгорания будет не только водяной пар, потому что воздух содержит в себе азот. При сжигании водорода молекулы азота и кислорода воздуха образуют токсичные вещества – оксиды азота.

Но и от этого можно избавиться. Существует устройство, которое может работать при низких температурах, – топливный элемент. Это устройство перерабатывает химическую энергию водорода в электрическую энергию напрямую, минуя стадию нагрева. Его достоинства – это высокий КПД и абсолютное отсутствие выбросов.

Нужно понимать, что можно использовать водород по-разному. В зависимости от использования можно получить огромные экологические выгоды. При горении водорода получается гораздо меньше выбросов, чем при горении углеводородного топлива, но они есть. В случае его использования в топливном элементе, их просто нет. Если мы из тепловой энергии получаем электроэнергию, мы последовательно проходим достаточно много стадий, которые сопровождаются не только загрязнением окружающей среды, но и

резким усложнением конструкции.

Топливный элемент, как и любое электрохимическое устройство – достаточно простая конструкция. Пока что они дорогие, но это связано с тем, что их рынок только развивается. Есть шанс, что они станут дешевле, и стоимость электроэнергии, вырабатываемой топливным элементом, выиграет по сравнению с электроэнергией, вырабатываемой обычным способом.

Проблемы возникают при хранении и транспортировке водорода. При повсеместном использовании водорода потребуются безопасные, а, главное, эффективные системы его централизованного хранения [5]. Водород – это очень легкий и плохо сжижаемый газ. Сейчас приходится перевозить водород либо в химически связанном виде, либо в баллонах высокого давления, либо в жидком состоянии.

Первый и самый простой способ – это перевозка водорода в баллоне высокого давления. Но для этого газ обязательно нужно сжать, а это дополнительные затраты энергии. Зато водород можно хранить в таких баллонах очень длительное время и использовать его достаточно просто.

Второй способ – это хранение и транспортировка в жидком состоянии. В жидком состоянии не намного больше водорода в баллоне, чем в газообразном, но возникают другие проблемы. Во-первых, температура сжижения водорода очень низкая, она всего на несколько градусов отличается от абсолютного нуля. Во-вторых, водород начинает испаряться при таких температурах. По технологии это похоже на перевозку сжиженного природного газа (СПГ): температура отличается на несколько десятков градусов, но технология одна и та же. Необходимо также учитывать, что на сжижение водорода затрачивается еще больше энергии, чем на сжижение природного газа.

Третий способ – это перевозить водород сразу химически связанным. Сжиженный природный газ – это химически связанный водород. Для этого в месте, где употребляется сжиженный природный газ необходимо поставить конвертор, который этот природный газ будет переводить в водород. Это не очень эффективное решение, поскольку в локальном производстве трудно будет поставить очищающее от примесей сооружение [4, 6].

В таблице 1 показаны удельные показатели некоторых способов хранения водорода.

Таблица 1 – Удельные показатели различных способов хранения водорода

Способ хранения	Удельное потребление энергии кВт·ч/кг H ₂	Удельный объем хранения Дм ³ /кг H ₂	Удельная масса хранения кг/кг H ₂
Газообразный водород при высоком давлении	0,93	81	16
Водород в гидридах	1,16	22	77
Жидкий водород	10,50	14	7
Криогенная адсорбция	3,20	59	20

Хочется отметить, что вышеизложенный перечень проблем использования водорода в качестве топлива не является нерешаемой задачей для человечества, а это значит, что, возможно, в ближайшем будущем мы сможем увидеть расцвет водородной энергетики, ведь водород можно использовать без вреда для окружающей среды, а его производство может быть достаточно дешевым.

Библиографический список

1. Радченко Р.В. Водород в энергетике [Текст]: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 229 с.
2. Гамбург Д.Ю. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение [Текст]: справочник / Д.Ю. Гамбург, Н.Ф. Дубовкин. – Москва : Химия, 1989. – 671 с.
3. Радченко Р.В. Общая энергетика: водород в энергетике [Текст] / учебное пособие для вузов / Р.В. Радченко [и др.]. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 230 с.
4. Postnauka: Проблемы водородной энергетики [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/95574>, свободный (дата обращения 11.11.2019).
5. Арцимович Л.А. Управляемые термоядерные реакции [Текст] / Л.А. Арцимович. – Москва : Гос. изд-во физико-математической лит-ры, 1963. – 496 с.
6. Postnauka: Водородная энергетика [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/41197>, свободный (дата обращения 23.11.2019).

УДК: 662.99

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Турушпанова В.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: valenta1298@mail.ru*

В статье проводится обзор различных путей внедрения технологии утилизации тепла уходящих дымовых газов в промышленных котельных установках. Проанализированы основные достоинства и ограничения, связанные с внедрением метода глубокой утилизации теплоты дымовых газов, а также современные способы их реализации.

Ключевые слова: теплоэнергетика, котельные установки, дымовые га-

зы, глубокая утилизация, точка росы, экономия ресурсов, топливо.

Индустриализация и постоянное стремление человечества к дальнейшему процветанию привели к большому росту потребления энергии. Несмотря на постоянное увеличение производства энергии и продолжающееся улучшение энергетической техники, выброс вредных веществ с дымовыми газами продолжает расти и даже угрожает превысить природную поглотительную способность атмосферы и биосферы. Большая озабоченность состоянием окружающей среды, рост платы за энергию и повсеместное ужесточение нормативов по ограничению уровня выбросов требуют улучшения качества оборудования, применяемого для измерений, испытаний и контроля.

Чтобы снизить потери энергии на 10-30 %, необходимо уменьшить количество избыточного воздуха, снизить температуру дымовых газов, установив охладитель между котлами и дымовой трубой, исключить подсос наружного воздуха через трещины и отверстия, использовать регулируемые горелки, многоступенчатые или малые горелки, когда нагрузка по теплу непостоянна [1].

Утилизация тепла уходящих газов является одним из основных способов повышения эффективности работы котлов на ТЭЦ, поэтому задача полезного использования тепла дымовых газов имеет особую важность. Глубокая утилизация тепла подразумевает снижение температуры дымовых газов ниже точки росы водяных паров с их последующей конденсацией. При этом утилизируется значительная часть скрытой теплоты конденсации, а конденсат после дополнительной обработки может быть использован для восполнения потерь воды в энергетическом цикле или теплосети.

Дымовые газы – раскаленные летучие продукты сгорания топлива, состоящие из горячих газов, содержащих окислы углерода, азота, водяной пар и несгоревшие частички топлива.

Дымовые газы могут иметь различный состав в зависимости от используемого вида топлива и от таких условий сгорания, как, например, коэффициент избытка воздуха. К теплофизическим свойствам дымовых газов при нормальном атмосферном давлении относят плотность, удельную (массовую) теплоемкость, теплопроводность, динамическую вязкость, кинематическую вязкость, число Прандтля.

С повышением температуры дымовых газов их плотность и число Прандтля уменьшают свои значения. Другие теплофизические свойства дымовых газов такие, как теплоемкость, теплопроводность и вязкость с ростом температуры увеличиваются.

Особенно сильно возрастают значения теплопроводности и кинематической вязкости [2].

В настоящее время температуру уходящих дымовых газов за котлом принимают не ниже 120-130 °С по двум причинам: для исключения конденсации водяных паров на боровых, газоходах и дымовых трубах и для увели-

чения естественной тяги, снижающей напор дымососа. При этом теплоту уходящих газов и скрытую теплоту парообразования водяных паров можно полезно использовать. В настоящее время существуют различные технологии реализации данного метода, апробированные в Российской Федерации и нашедшие массовое применение за рубежом [3].

Метод глубокой утилизации теплоты дымовых газов позволяет увеличить КПД топливопотребляющей установки на 2-3 %, что соответствует снижению расхода топлива на 4-5 кг у.т. на 1 Гкал выработанного тепла. При внедрении данного метода большое значение имеют технические сложности и ограничения, связанные, в основном, со сложностью расчета процесса тепломассобмена при глубокой утилизации тепла уходящих дымовых газов и необходимостью автоматизации процесса, однако эти сложности решаемы при современном уровне развития техники.

При внедрении метода имеют значение следующие технические ограничения и сложности: сложность расчета процесса утилизации влажных газов, так как процесс теплообмена сопровождается процессами массобмена; необходимость поддержания заданных значений температуры и влажности уходящих дымовых газов во избежание конденсации паров в газоходах и дымовой трубе; необходимость избегать обмерзания поверхностей теплообмена при нагревании холодных газов.

В настоящее время применяются методы глубокой утилизации тепла уходящих газов путем использования рекуперативных, смесительных, комбинированных аппаратов, работающих при различных приемах использования теплоты, содержащейся в уходящих газах. При этом данные технологии используются на большинстве вводимых в эксплуатацию котлов за рубежом, сжигающих природный газ и биомассу.

Наиболее часто используемый метод глубокой утилизации тепла дымовых газов заключается в том, что продукты сгорания природного газа после котла (либо после водяного экономайзера) с температурой 130-150 °С разделяются на два потока. Приблизительно 70-80 % газов направляются по главному газоходу и поступают в конденсационный теплоутилизатор поверхностного типа, остальная часть газов направляется в байпасный газоход. В теплоутилизаторе продукты сгорания охлаждаются до 40-50 °С, при этом происходит конденсация части водяных паров, что позволяет полезно использовать как физическую теплоту дымовых газов, так и скрытую теплоту конденсации части содержащихся в них водяных паров. Охлажденные продукты сгорания после каплеотделителя смешиваются с проходящими по байпасному газоходу неохлажденными продуктами сгорания и при температуре 65-70 °С отводятся дымососом через дымовую трубу в атмосферу.

В качестве нагреваемой среды в теплоутилизаторе может использоваться исходная вода для нужд химводоподготовки или воздух, поступающий затем на горение. Для интенсификации теплообмена в теплоутилизаторе возможна подача выпара атмосферного деаэратора в основной газоход.

Необходимо также отметить возможность использования сконденсировавшихся обессоленных водяных паров в качестве исходной воды. Результатом внедрения данного метода является повышение КПД котла на 2-3 % с учетом использования скрытой теплоты парообразования водяных паров.

Метод повышает эффективность сжигания природного газа и снижает выбросы оксидов азота в атмосферу за счет их растворения в конденсирующихся водяных парах.

Известны серийно выпускаемые Костромским калориферным заводом калориферы типа КСк, состоящие из газовой поверхности теплоутилизатора, поверхность теплообмена которого выполнена из оребренных биметаллических трубок, сетчатого фильтра, распределительного клапана, каплеуловителя и гидронеуматического обдувочного устройства [4].

Калориферы типа КСк работают следующим образом. Дымовые газы попадают на распределительный клапан, который делит их на два потока, основной поток газа направляется через сетчатый фильтр в теплоутилизатор, второй – по обводной линии газохода. В теплоутилизаторе водяные пары, содержащиеся в дымовых газах, конденсируются на оребренных трубках, нагревая текущую в них воду. Образующийся конденсат собирается в поддоне и подается насосами в схему подпитки теплосети. Нагретая в теплоутилизаторе вода подается потребителю. На выходе из теплоутилизатора осушенные дымовые газы смешиваются с исходными дымовыми газами из обводной линии газохода и направляются через дымосос в дымовую трубу.

Для предотвращения конденсации остаточных водяных паров дымовых газов в газоходах и дымовой трубе, часть исходных газов через обводной канал подмешиваются к осушенным дымовым газам, повышая их температуру. При таком подмесе увеличивается и содержание водяных паров в уходящих дымовых газах, снижая эффективность утилизации тепла.

Известен теплоутилизатор, содержащий контактный теплообменник, каплеуловитель, газо-газовый теплообменник, включенный по схеме прямого тока, газоходы, трубопроводы, насос, датчики температуры, клапаны-регуляторы. По ходу оборотной воды контактного теплообменника последовательно расположены водо-водяной теплообменник и водо-воздушный теплообменник с обводным каналом по ходу воздуха.

Уходящие газы по газоходу поступают на вход газо-газового теплообменника, последовательно проходя три его секции, затем на вход контактного теплообменника, где, проходя через насадку, омываемую оборотной водой, охлаждаются ниже точки росы, отдавая явное и скрытое тепло оборотной воде. Далее охлажденные и влажные газы освобождаются от большей части унесенной потоком жидкой воды в каплеуловителе, нагреваются и подсушиваются, по меньшей мере, в одной секции газо-газового теплообменника, дымососом направляются в трубу и выбрасываются в атмосферу. Одновременно нагретая оборотная вода из поддона контактного теплообменника насосом подается в водо-водяной теплообменник, где нагревает хо-

лодную воду из трубопровода. Нагретая в теплообменнике вода поступает на нужды технологического и бытового горячего водоснабжения или в низкотемпературный отопительный контур.

Далее обратная вода поступает в водо-воздушный теплообменник, нагревает, по меньшей мере, часть дутьевого воздуха, поступающего из-за пределов помещения по воздуховоду, охлаждаясь до минимально возможной температуры, и поступает в контактный теплообменник через водораспределитель, где отбирает тепло от газов, попутно промывая их от взвешенных частиц, и поглощает часть оксидов азота и серы. Нагретый воздух из теплообменника дутьевым вентилятором подается в штатный воздухоподогреватель или непосредственно в топку. Обратная вода по необходимости фильтруется и обрабатывается известными способами.

Нагретая в теплообменнике вода, поступающая на нужды горячего водоснабжения или в низкотемпературный отопительный контур, требует ее доведения до необходимой температуры, так как не может быть нагрета в теплообменнике выше температуры воды обратного контура, которая определяется температурой насыщения водяных паров в дымовых газах. Низкий нагрев воздуха в водо-воздушном теплообменнике не позволяет использовать этот воздух для отопления помещений.

Устройство утилизации тепла дымовых газов содержит газо-газовый поверхностный пластинчатый теплообменник, выполненный по схеме противотока, поверхностный газо-воздушный пластинчатый конденсатор, инерционный каплеуловитель, газоходы, дымосос, воздуховоды, вентиляторы и трубопровод.

Исходные дымовые газы охлаждаются в газо-газовом поверхностном пластинчатом теплообменнике, нагревая осушенные дымовые газы. Греющая и нагреваемая среда движутся противотоком. При этом происходит глубокое охлаждение влажных дымовых газов до температуры, близкой к точке росы водяных паров. Далее содержащиеся в дымовых газах водяные пары конденсируются в газо-воздушном поверхностном пластинчатом теплообменнике – конденсаторе, нагревая воздух. Нагретый воздух используется для отопления помещений и покрытия потребности процесса горения. Конденсат после дополнительной обработки используют для восполнения потерь в теплосети или паротурбинном цикле.

Недостатками этого способа является то, что утилизируется преимущественно скрытая теплота конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах. Если рекуперативный теплообменник охлаждает исходные дымовые газы до температуры, близкой к точке росы водяных паров, то нагрев уходящих осушенных дымовых газов будет избыточным, что снижает эффективность утилизации.

Библиографический список

1. Кривандин В.А. Теплотехника металлургического производства.

Теоретические основы / В.А. Кривандин. — Учеб. пособие для вузов. — Москва: МИСИС, 2002. — 608с.

2. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. — Москва: Энергия, 1977. — 344с.

3. Метод глубокой утилизации тепла дымовых газов [Электронный ресурс] // ЭнергоСовет <http://www.energsovet.ru/> URL: <http://www.energsovet.ru/entech.php?id=3>

4. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках / А.А. Кудинов. — Ульяновск: УлГТУ, 2000. — 139с.

УДК: 662.99

ОБЪЕКТЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ЗАПУЩЕННЫЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Фадеев В.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ifadeevvlad@mail.ru*

В статье затронута проблема исчерпаемости ресурсов. Рассмотрен экологический аспект сжигания углеродосодержащего топлива. Проводится обзор водорода как современного экологичного топлива. Проанализированы основные достоинства и ограничения, связанные с внедрением водорода в качестве альтернативного источника энергии. Рассмотрен объект, введенный в эксплуатацию.

Ключевые слова: теплоэнергетика, альтернативные источники энергии, водородная энергетика, водород, топливо.

В России разведаны обширные запасы углеводородных энергоресурсов – нефти, газа и угля на сегодняшний день достаточно много. Однако все не так радужно в перспективе. Добыча нефти и газа становится более дорогой, а потребление этих продуктов, особенно нефти, целесообразнее в ее последующей химической переработке. Также добыча нефти и газа все время усложняется, что ведет к росту цен. Следует учитывать также различного рода конъюнктурные и политические соображения. Такая тенденция удорожания добычи характерна и для других видов топлив.

Помимо этого, переработка традиционных видов углеводородных топлив в тепло и электроэнергию на угольных ТЭС сопровождается колоссальными выбросами вредных веществ в атмосферу. Это приводит к глобальным климатическим изменениям, к которым относятся глобальное потепление, или парниковый эффект, связанный, главным образом, с выбросами оксида

углерода, и кислотные дожди, вызываемые выбросами оксидов азота и серы.

Последствия неблагоприятного экологического воздействия ТЭС на окружающую среду традиционно снижают тремя путями: меняя объем производства, разрабатывая и внедряя специальные устройства улавливания и захоронения вредных веществ, а также в целом повышая эффективность ТЭС [1].

22 апреля 2016 года в соответствии с распоряжением Правительства от 14 апреля 2016 года №670-р Россия подписала Парижское соглашение по борьбе с глобальным изменением климата (далее – Парижское соглашение), что накладывает дополнительные ограничения на выбросы парниковых газов в атмосферу. Парижское соглашение было принято 12 декабря 2015 года 21-й сессией Конференции Сторон Рамочной конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата (далее – РКИК ООН). По состоянию на сентябрь 2019 года Парижское соглашение обязательно для 186 стран. Соглашение объединяет в едином международно-правовом формате усилия Сторон РКИК ООН и сочетает в себе коллективную цель по сдерживанию глобального потепления с определяемыми на национальном уровне вкладами стран по снижению выбросов.

Парижское соглашение предусматривает:

- ограничение выбросов парниковых газов до уровня, когда их будут полностью поглощать растения и океаны, до конца текущего столетия;
- замедление роста среднегодовой температуры с тем, чтобы она не превышала более, чем на два градуса среднегодовую температуру планеты в доиндустриальные времена;
- создание фонда, с помощью которого богатые страны будут помогать бедным переходить на более чистые виды энергии.

Председатель российского правительства Дмитрий Медведев подписал постановление от 21 сентября 2019 года № 1228 «Об участии России в Парижском соглашении по климату», заявив об этом на совещании вице-премьеров правительства России, которое прошло 23 сентября. Формально подписание и обнародование этого документа было приурочено к климатическому саммиту ООН, открывшемуся в Нью-Йорке на полях 74-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН. Иными словами, произошла ратификация этого соглашения [2].

Так как проблема обеспечения энергией является одной из важнейших в развитии мировой экономики, то рано или поздно придется искать альтернативные источники энергии хотя бы для обеспечения собственных нужд. Одной из наиболее перспективных идей является водородная энергетика. Водород – это прежде всего высокоэффективное и экологически чистое топливо, что является очень важным аспектом в его использовании. Экологическая безопасность водорода, в сравнении с иными традиционными источниками получения энергии, ни у кого не вызывает сомнений: продукт сгорания водорода – H_2O в виде пара, при этом он абсолютно нетоксичен. Еще одним достоинством водорода как источника энергии является возможность прямо-

го преобразования энергии химической реакции его соединения с кислородом в электрический ток в так называемых топливных элементах. Однако существующие технологии производства самого водорода и получения из него электроэнергии еще очень далеки от совершенства [3].

Чтобы получить водород, надо затратить электроэнергию. При использовании электроэнергии, мы сначала ее откуда-то получаем. То есть, это не первичные источники энергии, а вторичные накопители, генераторы энергии. Сначала нужно получить либо электроэнергию, либо водород. При затрате грязной электроэнергии, получаем грязный водород. Грязным является водород, полученный за счет сжигания топлива, которое загрязняет окружающую среду или методами его получения с выделением CO_2 (получения водорода из природных топлив и др.).

Если основная часть энергии экологически чистая, вырабатывается на гидроэлектростанциях или атомных электростанциях, то и при производстве электроэнергии и водорода мы не загрязняем окружающую среду.

При получении водорода с помощью электролиза тратится большое количество электроэнергии на его получение. Закон сохранения энергии говорит, что мы больше энергии вложим в разложение воды, чем потом получим при его сжигании. Но большинство установок в городских условиях – это установки электролиза. Они оправданны, когда есть излишки электроэнергии. В первую очередь, если мы получаем электроэнергию из возобновляемых альтернативных источников энергии.

Например, так как солнце светит только половину дня, то электроэнергию на ночь можно зарядить в аккумулятор, а из этих избытков получить водород.

Генерирующие электростанции, включая атомные, работают на постоянной мощности, и мощность выше, чем нужна потребителям, т.к. она рассчитана на максимальные нагрузки. Днем потребление электроэнергии гораздо больше, чем ночью, а станция продолжает вырабатывать то же количество энергии. Избытки надо куда-то утилизировать. Эту электроэнергию можно накапливать и использовать для получения водорода. Особенно это актуально для атомных электростанций, изменить мощность которых сложно, а мощность сама по себе огромна.

В небольшом городке Манилла (Manilla) в австралийском штате Новый Южный Уэльс началась реализация проекта по хранению энергии в «твердом водороде». Проект Manilla Community Solar, предполагающий перевод местного сообщества на энергию солнца, включает в себя солнечную электростанцию мощностью 4,95 МВт, литий-ионный накопитель энергии 4,5 МВт/4,5 МВт*ч и водородную систему накопления энергии (СНЭ) мощностью 2 МВт и ёмкостью 17 МВт*ч. Проект поддержан грантом правительства штата в размере 3,5 млн австралийских долларов.

Водород давно рассматривается в качестве перспективного технологи-

ческого направления долгосрочного хранения энергии. Реализуется множество пилотных проектов по всему миру, однако в данном случае водородная СНЭ имеет явные особенности. Избыточная солнечная энергия в Манилле будет преобразовываться в H_2 , который будет храниться в твердом материале, называемом борогидридом натрия ($NaBH_2$). Он может впитывать водород, как губка, а затем выделять его обратно. Выпущенный обратно водород направляется в топливный элемент для выработки электроэнергии.

Система позволяет экономно хранить водород при высокой плотности и низком давлении без необходимости энергоемкого сжатия или сжижения. Хранилище представляет собой стандартные 20-футовые контейнеры, которые могут транспортироваться в обычном порядке. Данная технология хранения энергии была разработана в Школе химического инжиниринга Университета Нового Южного Уэльса (UNSW) и внедряется стартапом H_2 Store. Эксперименты с борогидридом натрия для хранения водорода ведутся давно. Видимо, ученым из UNSW удалось создать правильную конструкцию, позволяющую реализовывать промышленные проекты. Авторы проекта заявляют 30-летний срок службы их систем. Кроме того, они, в отличие от литий-ионных батарей, являются пожаробезопасными.

Библиографический список

1. Радченко, Р.В. Водород в энергетике [Текст]: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 229 с.

2. Ратификация парижского соглашения – удар по национальным интересам России: Ресурсы [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://regnum.ru/news/polit/2729654.html>, свободный (дата обращения 09.11.2019).

3. Нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок. [Текст] Учебно-методическое пособие (подготовлено в рамках работ по соглашению с Минобрнауки России №14.и02.21.0665 от 17 августа 2012 г.). – Москва, 2013. – 31 с.

4. Postnauka: Проблемы водородной энергетики [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/95574>, свободный (дата обращения 11.11.2019).

УДК 691.327.32

**ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМЗИТА ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ
ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Андрюкова М. В., Маркелова Н. Л., Яманина Н. С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Яманина Н.С.

*Ярославский государственный технический университет,
г. Ярославль, e-mail: ngurileva@yandex.ru*

В статье представлены результаты разработанных рецептур порообразующих добавок для производства керамзита, приготовленных с использованием нефтешлама, отработанного моторного масла и железосодержащего отхода. Керамзит, полученный с использованием порообразующей добавки, исследован на показатели токсичности.

Ключевые слова: порообразующая добавка, керамзит, нефтешлам, отработанное масло, железосодержащий отход.

Потребность в эффективных заполнителях для легкогобетонного строительства, к которым относится керамзит, весьма велика и продолжает увеличиваться. Керамзит – это материал ячеистого строения с высокопористой внутренней частью и плотной спекшейся корочкой, полученный путем обжига глинистого сырья.

Согласно требованиям технических условий [1] на порообразующую добавку (ПД), для производства керамзита должны быть соблюдены следующие требования:

- 1) условная вязкость при $t = 20^\circ \text{C}$ – не более 68 усл. град. (0,43 Па*с);
- 2) массовая доля воды – не более 20%;
- 3) массовая доля органических веществ – не менее 35%;
- 4) массовая доля неорганических веществ – не более 45%.

В работе компоненты порообразующей добавки (нефтешлам, отработанное масло) смешивались с помощью механической мешалки. Был изучен процесс введения отработанного масла в добавку: масло добавлялось по частям и одномоментно. Наблюдения показали, что наилучшими являются одномоментное добавление масла к шламу, так как в этом случае при перемешивании получается однородная масса. Но при хранении более 1 суток добавка начинала расслаиваться (выпадал осадок). Установлено, что при одномоментном введении масла к шламу и последующей выдержке смеси в течение

ние 3 часов перед перемешиванием, получалась более стабильная суспензия.

В процессе работы были приготовлены порообразующие добавки с различным соотношением нефтешлама и отработанного масла (таблица 1). Для приготовленных добавок определена условная вязкость при 20°C.

Таблица 1 – Рецептура порообразующих добавок

№ ПД	Нефтешлам	Отработанное масло	Усл. вязкость при 20°C, усл. градус
	масс. доля, %	масс. доля, %	
1	20,00	80,00	5,40
2	30,00	70,00	7,20
3	40,00	60,00	9,50
4	50,00	50,00	33,63
5	60,00	40,00	39,09
6	70,00	30,00	60,03

Результаты эксперимента показали, что при увеличении количества нефтешлама до 70 % условная вязкость резко возрастает (60,03 условных градуса), что приближено к максимальному пределу условной вязкости, указанному в технических условиях на получение керамзитовых гранул.

Для исследования зависимости условной вязкости добавок от температуры ($t = 10 - 40$ °C) были взяты порообразующие добавки № 3,4,5 (табл.1). Результаты измерений были аппроксимированы методом наименьших квадратов в среде MS Excel полиномами второго порядка. Получены зависимости:

$$y_1 = 20,0219 - 0,64996t + 0,00592t^2;$$

$$y_2 = 19,9606 - 0,64513t + 0,00586t^2;$$

$$y_3 = 101,5968 - 4,09476t + 0,04794t^2.$$

Корректность аппроксимации оценены значением показателя R^2 . Результат признается достоверным, если $R^2 > 0,95$.

В нашем случае $R_1^2 = 0,99364$; $R_2^2 = 0,99884$; $R_3^2 = 0,99951$.

Анализ изменения условной вязкости добавок от температуры показал, что все добавки можно использовать при температурах до 13 °C.

Для последующей работы выбрали добавку нефтешлам/отработанное масло - 60/40.

Далее было проведено исследование возможности использования приготовленной порообразующей добавки в производстве керамзита. Все анализы проводились на одной партии глины по методикам НИИ «Керамзит». Для проведения испытаний была отобрана проба глинистого сырья, ранее заготовленного, содержащая смеси различных слоев разреза месторождения. Данное сырье относится к третьей группе (слабо вспучивающееся) по степени его вспучивания и содержанию химических составляющих.

В лабораторных условиях были испытаны смеси, содержащие 1 - 3 %

порообразующей добавки (по 3 образца каждой смеси). Формование гранул проводили в металлической форме. Отформованные гранулы подсушивали при температуре в помещении (17-22) °С в течение 5 ч, затем высушили до постоянной массы в сушильном электрошкафу при температуре 105 °С.

Обжиг образцов керамзита проводился в одну стадию. Предварительная термopодготовка образцов при испытании не осуществлялась, так как при термopодготовке с температурой $t = 200$ °С в течение 5 - 20 минут образцы при последующем обжиге разлетались. Время обжига составляло 5 минут (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты испытаний образцов

Показатели	Массовая доля ПД в шихте, %					Нормативные значения
	1,0	1,5	2	2,5	3,0	
Начало вспучивания, °С	1070	1070	1050	1040	1040	— ¹⁾
Интервал вспучивания, °С	20	20	30	40	40	≥ 30 ²⁾
Насыпная плотность, кг/м ³	1179	1164	876	760	740	250-800 ³⁾
Коэффициент вспучивания K_{CP}	1,07	1,12	1,83	2,21	2,5	≥ 2,5 ²⁾
Примечания: 1) не нормируется; 2) по ТУ 21-0284739-12-90 [2]; 3) по ГОСТ 9757-90 [3].						

Как видно из данных, приведенных в таблице, порообразующая добавка обладает вспучивающим действием при дозировке 3 %.

Исследования С.П. Онацкого [4,5] показывают, что вспучиваются и образуют керамзитовую структуру только те легкоплавкие искусственные смеси на основе глин, в состав которых одновременно введены оксиды железа и органические примеси. На предприятиях по производству керамзита используется совместное введение пиритных огарков и различных органических веществ. В представленной работе предложено в качестве железосодержащего компонента использовать отход обезжелезивания воды. На основе добавки, содержащей нефтешлам и отработанное масло, в соотношении 60/40 были приготовлены добавки с различным содержанием железосодержащего отхода (ЖСО).

Исследования показали, что введение железосодержащего отхода в шихту значительно увеличивает вязкость и гомогенность добавки (происходит расслоение добавки), поэтому было принято решение готовить жидкую добавку на основе нефтешлама, а железосодержащий компонент вводить непосредственно в шихту. Технологическая схема производства керамзита это позволя-

ет. Результаты испытания образцов керамзита приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты испытаний образцов

Показатели	Массовая доля ЖСО (по отношению к массе вспучивающей добавки) %			Нормативные значения
	1	2	3	
Начало вспучивания, °С	1040	1040	1040	— ¹⁾
Интервал вспучивания, °С	30	35	40	≥ 30 ²⁾
Насыпная плотность, кг/м ³	683	666	559	250-800 ³⁾
Коэффициент вспучивания, К _{ср}	2,54	2,89	3,06	≥ 2,5 ²⁾
Примечания: 1) не нормируется; 2) по ТУ 21-0284739-12-90 [2]; 3) по ГОСТ 9757-90 [3].				

Анализ полученных данных показал, что введение железосодержащего отхода непосредственно в шихту позволяет улучшить качество керамзитовых гранул. Меняя содержание ЖСО в шихте можно получить керамзит с оптимальными характеристиками.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов керамзит, загрязненный нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15%), относится к IV классу опасности. Код ФККО 4 43 751 02 49 4.

Класс опасности керамзита, полученного с применением отходов производства, был подтвержден методом биотестирования.

Оценка острой токсичности осуществлялась с использованием в качестве тест-организма цериодафний *Ceriodaphnia affinis*. Безвредная кратность разбавления БКР10 составила 19,6.

Таким образом, образцы керамзита имеют показатель БКР10 меньше 100 и в соответствии с критериями токсичности могут быть отнесены к 4 классу опасности (малоопасные) для окружающей природной среды.

В результате проведенных научных изысканий были сделаны следующие выводы:

Определены оптимальные рецептуры порообразующих добавок для получения керамзита, приготовленных с использованием нефтешлама, отработанного масла и железосодержащего отхода;

Показано, что добавление железосодержащего отхода в добавку существенно увеличивает вязкость данного продукта, поэтому целесообразно вводить данный отход непосредственно в шихту;

Токсикологические исследования, проведенные с помощью биотестирования, показали, что полученные гранулы керамзита относятся к 4 классу опасности и практически не оказывают негативного воздействия на окружающую среду.

Библиографический список

1. ТУ 0258-003-02069421-2002 Технические условия на вспучивающую добавку для производства керамзита.

2. ТУ 21-0284739-12-90 Сырье глинистое (породы горные) для производства керамзитовых гравия, щебня и песка.

3. ГОСТ 9757-90 Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия (с Изменением № 1 от 17.05.2000).

4. Онацкий С.П. Производство керамзита. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 333 с.

5. Онацкий, С.П. Выбор и оценка глинистого сырья для производства курамзита. / С.П. Онацкий – М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1957. – 20 с.

УДК: 662.99

ПЕРЕВОД ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

Бойко А.Р.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: boyko.ar@bk.ru*

В статье проводится обзор схемы перевода котла ДКВР 20/13 на газообразное топливо, преимущества и недостатки оборудования для сжигания топлива, а также дан анализ релевантности перехода с экологической и экономической точки зрения.

Ключевые слова: теплоэнергетика, экология, газ, котельное оборудование, топливо.

Основными проблемами котлов на твердом топливе были и продолжают оставаться: высокая стоимость топлива, количество вредных выбросов в атмосферу, низкий КПД. Перевод котлов на газообразное топливо вызывает существенные изменения в работе котлов: резко увеличивается теоретическая температура горения, а, следовательно, и температура факела, которая прямо пропорциональна теоретической температуре горения. Увеличение температуры факела приводит к увеличению теплоотдачи в топке, так как она пропорциональна температуре в четвертой степени.

Для экранированных топок перевод на сжигание газообразного топлива позволяет уменьшить коэффициент избытка воздуха и приводит к увеличению теплоотдачи, уменьшению температуры продуктов сгорания на выходе из топки, снижению температуры уходящих газов и повышению коэффициента полезного действия (КПД).

При этом появляется ряд эксплуатационных преимуществ: возможность работы котлов в большом диапазоне изменения нагрузок, уменьшение расхода электроэнергии на собственные нужды, удлинение межремонтного

периода, возможность широкого внедрения автоматизации процесса горения, улучшение условий труда и уменьшение числа обслуживающего персонала, снижение себестоимости выработки тепла, повышение культуры и санитарно-гигиенических условий эксплуатации котельных установок.

Для исследования был выбран котел ДКВР 20/13, так как данная модель является довольно распространенной, а различные вариации котлов ДКВР позволяют использовать их для любых задач. Также преимуществом использования данных котлоагрегатов является их цена и неприхотливость.

ДКВР 20/13 - это паровой котел вертикально-водотрубного типа, у которого имеется экранированная топочная камера. В его конструкцию входит также кипящий пучок. Эти элементы конструкции выполняются по схеме "D". Отличительная черта данной схемы заключается в боковом расположении конвективной части устройства по отношению к его топочной камере.

Существует три схемы перевода котлов на газообразное топливо, а именно:

- полная замена на новую ПГУ (парогазовая установка);
- демонтаж угольного котла и установка вместо него газовой турбины с котлом-утилизатором, паровая турбина с некоторыми изменениями остается та же;
- перевод угольного котла на сжигание природного газа.

Последняя схема является самой выгодной, так как имеет минимальное воздействие на существующий цикл и, соответственно, наименьшие затраты на капитальный ремонт.

Перевод угольного котла на природный газ влияет на весь газовый тракт котла, будь то котел, работающий под давлением, или работающий под разрежением. Влияет на стехиометрию сгорания и количество воздуха для горения. С точки зрения состояния рабочего тела (вода и пар) тоже произойдут изменения: сместятся зоны насыщения и перегрева, скорости течения воды и пара в тракте. Современные газовые горелки способны сжигать природный газ эффективно и полностью. Из-за отсутствия в нем серы, азота и золы, при сжигании природного газа образуется значительно меньшее количество выбросов NO_x , CO , соединений серы и твердых частиц, чем при сжигании угля или нефти.

Для варианта сохранения слоевых топочных устройств широкое применение получили схемы с подовыми и с вертикально-щелевыми горелками. Преимуществом подовых горелок являются простота устройства, дешевизна, надежность и бесшумность работы, возможность перевода слоевых топок на сжигание газообразного топлива без значительных переделок.

В последнее время при переводе котлов на газ широкое применение получили подовые двухтрубные горелки. Достоинством их по сравнению с одностручными горелками является более активное участие воздуха в начальной стадии горения.

Недостатком подовых горелок является невозможность быстрого пе-

рехода со сжигания газообразного на твердое топливо без демонтажа горелочных устройств.

Ленгипроинжпроект разработал вертикально-щелевую горелку, применяемую для экранированных водотрубных котлов, горелка, которая по своей конструкции близка к подовой, но устанавливается на боковых стенах топки, что обеспечивает быстрый переход на сжигание резервного твердого топлива.

Однако несмотря на все преимущества, при переводе котлов на газообразное топливо, придется столкнуться с необходимостью уменьшения предельно допустимых выбросов NO_x . Одними из самых эффективных методов являются:

- рециркуляция дымовых газов: 25-75и%;
- селективное каталитическое восстановление: 90 %;

Рассматривая перевод котла на газообразное топливо с точки зрения экономической выгоды, можно обратиться к данным по стоимости закупки разных видов топлива в Кузбассе. Средняя стоимость одной тонны каменного угля составляет 3700 рублей, расход угля 2,23 т/час. При КПД котла на угольном топливе, составляющем примерно 60 %, эти цифры можно наглядно привести к некоей величине, составляющей 8251 руб./час. Для газа средняя стоимость одной тысячи кубометров составляет 3426 рублей, а расход 2060 м³/час., это соответствует величине в 7057 руб./час. КПД котла на газе составляет примерно 90 %.

Из этого можно сделать вывод, что, несмотря на довольно крупные начальные затраты на переоборудование котла, данное действие является экономически выгодным.

При рассмотрении перевода котла на природный газ с точки зрения экологии, можно обратиться к таблице с удельными показателями выделения вредных веществ с дымовыми газами котлоагрегатов.

Таблица 1 - Удельные показатели выделения вредных веществ с дымовыми газами котлоагрегатов

Вид топлива	Удельные показатели выделения вредных веществ, кг/т, кг/тыс м ³			
	твердые частицы	оксид серы	оксид углерода	оксиды азота
Угли донецкие	67,6	50,4	49,0	2,21
кузнецкий	53,6	7,2	51,3	2,23
карагандинский	75,2	14,4	43,9	1,97
воркутинский	67,2	14,4	45,5	2,17
подмосковный	70,4	48,6	25,8	0,95
Торф	32,6	1,8	24,0	1,25
Дрова	21,2	—	30,1	0,78
Мазут высокосернистый	6,0	54,9	37,7	2,46
Мазут малосернистый	5,6	5,9	37,7	2,57
Печное бытовое топливо	6,0	56,8	37,7	2,61
Газ (на 100 м ³)	—	—	12,9	2,16

Из данных таблицы видно, что суммарный выброс вредных веществ в атмосферу от сжигания твердого топлива значительно превышает выброс от сжигания природного газа.

Перевод котла ДКВР 20-13 с твердого топлива на газообразное возможен несколькими способами и является одним из лучших решений сразу ряда проблем. Природный газ является более дешевым топливом, а также отличается от угля меньшими затратами на его транспортировку. Продукты горения угля могут быть опасны в больших концентрациях. Добыча угля дешевле добычи газа, однако, она сильнее загрязняет окружающую среду. КПД котлоагрегата при переводе на газ увеличивается более, чем в 1,5 раза, что позволяет использовать топливо более эффективно с меньшими затратами. Котел ДКВР 20-13, использующий природный газ в качестве топлива, является более экологически безопасным и экономически выгодным.

Библиографический список

1 Котлы серии ДКВР [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://dkwr.ru/>, свободный (дата обращения 23.11.2019).

2 Бакулин В.Н. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология : Справочник / В.Н. Бакулин. – Москва : Московский энергетический институт (МЭИ), 2014. – 945 с.

3 Петров Д.В. Экономические вопросы энергосбережения и энергоаудита : Учебное пособие. – Раменское : ИПК ТЭК, 2012. – 72 с.

4 Семененко, Н. А. Котельные установки промышленных предприятий / Н.А. Семененко, Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. – Москва : Государственное энергетическое издательство, 2018. – 392 с.

5 Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания : Справочник. В 5 томах. Том 1 / Под рук. акад. В.П. Глушко . – Москва : Всесоюзный институт научной и технической информации, 2014. – 266 с.

УДК 504.75.05

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Идрисова М.А.

Научный руководитель: Мамина Р.М.

Астраханский государственный медицинский университет

Минздрава России,

г. Астрахань, e-mail: paffosnii@yandex.ru

В статье описаны актуальные проблемы экологического плана, которые оказывают негативное влияние на состояние окружающей среды и здоровье населения. При этом формирование благоприятных условий для активной жизнедеятельности и естественного воспроизводства настоящих и

будущих поколений неразрывно связано с экономико-социальным развитием общества, а также рациональным природопользованием и экологической безопасностью.

Ключевые слова: экология, здоровье, проблема, окружающая среда, репродуктивный потенциал, население, промышленность.

Экологические проблемы промышленного характера все более приобретают лидирующее значение среди многочисленных медицинских проблематик.

По причине развития в глобальных масштабах промышленного производства, сельского хозяйства, автомобильного и другого видов транспорта, химической промышленности произошли и продолжают стремительно развиваться серьезные изменения физико-химических свойств внешней среды, в которой обитает современный человек.

Угрожающие масштабы загрязнения атмосферного воздуха вредными производственными факторами способствуют возникновению и постепенному развитию экологического иммунодефицита. Это в свою очередь приводит к распространению широкого спектра патологий, в том числе заболеваний мочеполового тракта [4].

Химические канцерогены, ионизирующая радиация и другие неблагоприятные экологические факторы играют подтвержденную роль в развитии доброкачественных и злокачественных новообразований.

Яркое подтверждение приобрела токсико-экологическая оценка химических веществ, их композиций и других раздражителей, содержащихся в воздушной среде, особенно в сочетании с ультрафиолетовым облучением и другими вредными экзогенными факторами, преимущественно в ареолах и зонах вредных и токсических производств нефтеперерабатывающего комплекса, а также цементных заводов и химических комбинатов. Среди химических соединений особую опасность представляют соединения хрома, дистилляты минеральных масел, фурфурол.

Репродуктивная система человека крайне чувствительна к воздействию пагубных факторов окружающей среды. Так, на формирование экологически зависимой патологии репродуктивной системы оказывают влияние специфические и неспецифические факторы. Эти нарушения проявляются в виде иммунологических, патофизиологических, биохимических и других изменений, имеющих сходные результаты при воздействии самых разных факторов внешней среды [2].

Степень экологического неблагополучия того или иного ареола определяется общим количеством выбросов в тоннах, модулем антропологического воздействия на атмосферу, индексом загрязнения атмосферной среды. Ведущими веществами, загрязняющими атмосферу в неблагоприятных экологических регионах с активным производством строительных материалов, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, машиностроения являются твердые соединения, окиси углерода и азота, сернистый ангидрид.

Неблагоприятная экологическая обстановка в подобных зонах промышленных предприятий во многом и определяет характер течения и распространенность заболеваний различной природы. В последнее время проблема приобретает массовый характер, поскольку отмечено негативное влияние неблагоприятных в экологическом плане районов на репродуктивный потенциал поколений. Многие из химических соединений пагубно влияют на репродуктивную систему. Так, у работников, которые контактируют со свинцом, этилированным бензином, сероуглеродом, стиролом, метилхлоридом отмечается импотенция, сниженное либидо, нарушение качества семенной жидкости [1].

Профессиональная патология все чаще выходит за границы производства, приобретая неблагоприятное экологическое значение и способствуя развитию промышленной экологии.

Именно благодаря наличию на той или иной территории тепличных комплексов, сельскохозяйственных объектов, строительных комбинатов и нефтеперерабатывающих заводов создается неблагоприятная экологическая обстановка и опасный экологический фон. Данные территориальные объекты характеризуются высокой заболеваемостью населения хронической, трудно поддающейся диагностике и терапии патологией, высокой частотой предраковых и опухолевых нозологий.

Неблагоприятная ситуация по экологии в нашей стране, низкий репродуктивный потенциал населения, тяжелые условия труда на производстве требуют все более детального изучения связей между уровнем воздействия вредных факторов производственной, а также окружающей среды и динамикой различных показателей репродуктивного здоровья [3].

Таким образом, проблематика охраны окружающей среды по своей актуальности и значимости приобретает все более приоритетный характер в комплексе медицинских и гигиенических мероприятий системы здравоохранения.

Библиографический список

1. Анализ показателей спермограммы у бесплодных мужчин Астраханского региона / Р.А. Садретдинов, А.А. Полунин, Ф.Р. Асфандияров, Л.П. Воронина // Кубанский научный медицинский вестник. – 2015. – № 3 (152). – С. 94-97.
2. Роль оксидативного стресса в развитии бесплодия у больных хроническим простатитом / Р.А. Садретдинов Р.А., Л.П. Воронина, А.А. Полунин, В.М. Мирошников // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 3-1. – С. 111-112.
3. Садретдинов Р.А. Прогнозирование развития бесплодия у больных хроническим простатитом / Р.А. Садретдинов, М.И. Шемшук, Н.Г. Короткий // Клиническая дерматология и венерология. – 2016. – Т. 15. № 6. – С. 47-55.
4. Сравнительный анализ фертильности у мужчин с хроническим простатитом / А.А. Полунин А.А., В.М. Мирошников, Л.П. Воронина и др. // Астраханский медицинский журнал. – 2014. – Т. 9. № 2. – С. 63-68.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ЦИНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ

Каримова К.А., Дряхлов В.О.

Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Шайхиев И.Г.

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, e-mail: karimovaelv@yandex.ru*

Исследована возможность очистки воды от ионов цинка с использованием таких сорбентов как ячмень, овес, опилки абрикосового дерева, опилки дерева *Azedirachta indica* и активированный уголь.

Ключевые слова: ионы цинка, очистка, сорбенты.

В результате роста численности населения, более интенсивного использования воды и изменения климата все большее значение приобретают технологии водоочистки и водоподготовки для населения или повторного употребления воды в промышленности или сельском хозяйстве. В последние десятилетия актуальной и важной является задача разработки технологических решений, позволяющих эффективно очищать воду от ионов тяжелых и токсичных металлов [1].

Наиболее распространенными загрязняющими веществами поверхностных вод России являются нефтепродукты, фенолы, соединения тяжелых металлов, аммонийный и нитридный азот. Основным источником этих загрязнений являются различные производства, предприятия сельского и коммунального хозяйств.

Сточные воды, содержащие тяжелые металлы, образуются в автомобильной и химической промышленности, при производстве гальванических элементов и обработке металлических поверхностей, в электронной промышленности, в типографии, на кожевенных фабриках и других. Они представляют большую опасность для окружающей среды и людей [2].

Проблема удаления тяжелых металлов из сточных вод сейчас особенно актуальная. Плохо очищенные сточные воды поступают в природные водоемы, где тяжелые металлы накапливаются в воде и донных отложениях, становясь таким образом источником вторичного загрязнения. Соединения тяжелых металлов сравнительно быстро распространяются по объему водного объекта. Частично они выпадают в осадок в виде карбонатов, сульфатов, частично адсорбируются на минеральных и органических осадках. Вследствие чего содержание тяжелых металлов в отложениях постоянно увеличивается, и когда адсорбционная способность осадков исчерпывается, тяжелые металлы поступают в воду, что может приводить к деградации экосистемы [3].

В связи с изложенным, исследования и разработка простых и технологически эффективных решений очистки загрязненных вод

промышленных предприятий от ионов цинка представляют практический интерес.

Существует много методов очистки воды от тяжелых металлов, к которым относятся химические, электрохимические, адсорбционные, ионообменные методы и другие. Важной задачей при этом является применение наиболее энергосберегающих методов, не требующих больших финансовых затрат, а также не оказывающих негативное влияние на окружающую среду.

Сорбционные методы очистки сточных вод довольно распространены, так как они имеют высокую эффективность и не имеют вторичного загрязнения. Сорбционные материалы могут поглощать металлы из водных растворов практически до любых остаточных концентраций. Существенным недостатком сорбционных методов очистки является необходимость многократной регенерации поглощающих растворов или частичной замены твердого сорбента, что значительно усложняет технологическую схему, увеличивает капитальные вложения и затраты на эксплуатацию [4].

В качестве объектов исследования в работе выбран модельный раствор соли $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ с концентрацией иона Zn^{2+} 1500 мг/дм^3 . Первоначальным этапом проведена предварительная реагентная очистка с целью максимального осаждения рассматриваемого загрязняющего вещества и снижения нагрузки на последующую стадию адсорбции. Для этого приготовили 3 литра раствора $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ с концентрацией 1500 мг/дм^3 и добавили выбранную нами оптимальную дозу 1М раствора Na_2CO_3 , которая составила $90 \text{ см}^3/\text{дм}^3$. После 1 ч осаждения ионов цинка с помощью фильтровальной бумаги воду отделяли от осадка для дальнейшей очистки. В результате реагентной очистки концентрация очищаемого вещества снизилась со 1500 до 156 мг/дм^3 .

Дальнейшая адсорбционная очистка проведена с использованием ячменя, овса, активированного угля, опилок абрикосового дерева и опилок дерева *Azedirachta indica* [4,5]. Для этого в 5 колб на 250 см^3 налили по 100 см^3 раствора $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, добавили по 1 г сорбентов и поставили пробы в шейкер на 3 часа. По истечении 3 часов пробы анализировались на содержание ионов цинка. Результаты занесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Данные проведенных опытов с использованием сорбентов для пробы с концентрацией 156 мг/дм^3

Сорбент	Количество ионов цинка в растворе, мг/дм^3	Эффективность α , %
Ячмень	75,8	51
Овес	70,6	55
Опилки абрикосового дерева	58,8	62
Опилки дерева <i>Azedirachta indica</i>	28,8	82
Активированный уголь	13,1	92

На основании полученных результатов показано, что большая эффективность 92 % достигается при использовании активированного угля. В то же время вторая по величине эффективность 82 % наблюдается у опилок дерева *Azadirachta indica*, применение которого значительно ограничено его отсутствием в России. Более доступные растительные сорбенты ячменя и овса показали степень удаления ионов цинка 51 % и 55 %, соответственно, что может быть использовано для очистки воды, к которой предъявляются не высокие требования, относительно её качества.

Библиографический список

1. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности / А.И. Родионов, В.Н. Клушин В.Н., В.Г. Систер. - М.: Высшая школа, 2008. - 800 с.
2. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. - М.: Финансы и статистика, 2000. - С.116-119.
3. Тяжелые металлы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://twater.ru/index.php/ochistka-stochnykh-vod/91-tyazhelye-metally> (дата обращения 08.02.2020)
4. Василенко Л.В., Методы очистки промышленных сточных вод: учеб.пособие / Л.В. Василенко, А.Ф. Никифоров, Т.В. Лобухина. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. университет, 2009. - 174 с.

УДК 622. 272.002.5

ПАРИЖСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ, КИОТСКИЙ ПРОТОКОЛ – ПЕРСПЕКТИВЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РОССИИ

Кириляк М.В., Абдуалиев М.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, email: mkirilyak16@mail.ru*

Сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу Земли для противодействия глобальному потеплению является одной из главных экологических проблем изменения климата. Глобальное потепление может привести к таянию ледников и, как следствие, к полному затоплению крупных городов: Санкт-Петербурга, Нью-Йорк, Токио, Пекина. Защита окружающей среды посредством управления и регулирования выбросами парниковых газов в мировом масштабе актуальна, как никогда.

Ключевые слова: парниковые газы, Парижский договор, Киотское соглашение, защита окружающей среды, изменение климата.

По официальным данным, на 15 % территории Российской Федерации,

где проживает примерно 60 % населения, качество окружающей среды является неудовлетворительным. На территории одного из самых крупных в мире государств находится множество уникальных природных комплексов, имеющих большое значение не только для страны, но и для всей планеты. Экологической ситуации в России угрожают те же факторы, с которыми сталкиваются все государства, и связаны они с расширением цивилизованных пространств, использованием человеком ресурсов планеты, развитием промышленности и проблемами загрязнения.

Кроме глобальных экологических проблем существуют и специфические экологические проблемы. Такой проблемой для России является проблема Арктики. Этой экосистеме был нанесен урон во время ее освоения. Здесь имеются в большом количестве труднодоступные запасы нефти и газа. Если их начнут добывать, возникнет угроза разлива нефтепродуктов. Глобальное потепление приводит к таянию ледников Арктики, они могут полностью исчезнуть. В результате этих процессов вымирают многие виды северных животных, существенно изменяется экосистема, и возникает угроза затопления континента.

С точки зрения техносферной безопасности крупнейшими источником загрязнения окружающей среды являются тепловые электростанции (ТЭЦ). В их котлах сжигают органическое топливо. ТЭЦ выбрасывает в воздух твердые частицы и парниковые газы. Из-за большого выделения неиспользуемой энергии происходит тепловое загрязнение. Работа электростанций приводит к кислотным дождям, накоплению парниковых газов, что негативно влияет на микроклимат ближайших населенных пунктов.

Высокий риск катастроф несут атомные электростанции (АЭС). В штатном режиме они выбрасывают в водоемы много тепла. Во время работы АЭС радиационные излучения не превышают допустимых норм. Но для радиоактивных отходов требуются сложные процедуры переработки и захоронения.

Для решения этих и многих других мировых экологических проблем существуют мировые сообщества, которые объединяют страны для выработки стратегии согласованных действий. Наиболее значимыми из таких объединений являются Киотский протокол (1992 год) и пришедшее ему на смену Парижское соглашение (2015 год) [1].

Заявленная цель Парижского соглашения - не допустить превышения глобальной среднегодовой температуры на планете к 2100 году более, чем на 2°C от доиндустриального уровня, и сделать все возможное для удержания потепления в пределах 1,5°C (в настоящее время средняя температура на 0,75 °C выше, чем среднегодовые показатели в 1850-1900 годах).

Участники Парижского соглашения берут на себя следующие обязательства:

- принять национальные планы по снижению выбросов, технологическому перевооружению и адаптации к климатическим изменениям (в терми-

нологии Парижского соглашения - предварительные национально-определяемые вклады) и пересматривать их в сторону повышения каждые пять лет;

- планомерно снижать выбросы CO₂ в атмосферу; для этого к 2020 году необходимо разработать национальные стратегии перехода на безуглеродную экономику (промышленность не должна сжигать ископаемое топливо и, соответственно, выбрасывать в атмосферу парниковые газы, главным образом, диоксид углерода);

- наладить международный обмен "зелеными" технологиями в сфере энергоэффективности, промышленности, строительства, сельского хозяйства и т. д.

В отличие от Киотского протокола в новом соглашении:

- обязательства по сокращению выбросов парниковых газов берут на себя все государства независимо от степени их экономического развития, а не только развитые страны и страны с переходной экономикой;

- нет конкретных количественных обязательств по снижению или ограничению выбросов CO₂, каждая из стран будет самостоятельно определять свою политику в этой сфере;

- создается новый международный экономический инструмент, позволяющий странам финансировать проекты по снижению выбросов в других странах;

- не прописан механизм строгого контроля за его соблюдением и меры принуждения по его исполнению. Документ лишь дает комиссии международных экспертов право проверять информацию, предоставляемую странами об их достижениях по сокращению выбросов CO₂ [2].

По ратификации, вступлению в силу, возможности выхода Парижское соглашение предусматривает следующее.

Парижское соглашение было открыто для подписания с 22 апреля 2016 года по 21 апреля 2017 года. 4 ноября 2016 года оно вступило в силу, и в настоящее время фактически является руководством к действию для его участников. После 2020 года Парижское соглашение полностью заменит Киотский протокол.

По данным на сентябрь 2019 года участниками Парижского соглашения являются 185 стран и ЕС.

Выход из соглашения возможен через три года после его вступления в силу и через год после уведомления депозитария (депозитарий - генсек ООН). Страна, вышедшая из РКИК (Рамочная конвенция по изменению климата ООН), считается также вышедшей из соглашения.

Наибольшими загрязнителями атмосферы являются Китай, США, Индия и Россия (данные Всемирного банка). КНР подписала соглашение 22 апреля 2016 года, ратифицировала 3 сентября 2016 года. США подписали соглашение 22 апреля 2016 года и ратифицировали его 3 сентября того же года. Однако 1 июня 2017 года президент Дональд Трамп объявил о выходе страны из этого соглашения, так как, по его мнению, выполнение положений

этого соглашения может обернуться для США потерей к 2025 году 2,7 млн. рабочих мест. В сентябре 2017 года Соединенные Штаты заявили, что останутся в рамках соглашения, однако попытаются скорректировать условия своего участия в нем. Индия является участником соглашения со 2 октября 2016 года. Россия подписала соглашение 22 апреля 2016 года.

В апреле 2019 года президент Путин заявил, что Россия ратифицирует Парижское соглашение после всестороннего анализа последствий его реализации. 5 июля вице-премьер Алексей Гордеев дал поручение Минприроды совместно с МИД России до 1 сентября внести в правительство проект федерального закона о ратификации соглашения. Однако 23 сентября 2019 года, в день открытия климатического саммита ООН, правительство России объявило, что двумя днями ранее премьер-министр Дмитрий Медведев подписал постановление, в соответствии с которым Россия приняла Парижское соглашение. Согласно пресс-релизу правительства, ни само соглашение, ни федеральный закон «О международных договорах Российской Федерации» не предусматривали его обязательной ратификации. По мнению источников агентства «Блумберг», принятие соглашения в обход Госдумы позволило Кремлю избежать критики со стороны депутатов, находившихся в союзе с оппонентами Парижского процесса, в частности, с энергетическими и металлургическими магнатами [3].

На рисунке отражена динамика выбросов парниковых газов в России в 1980-2017 г.г.

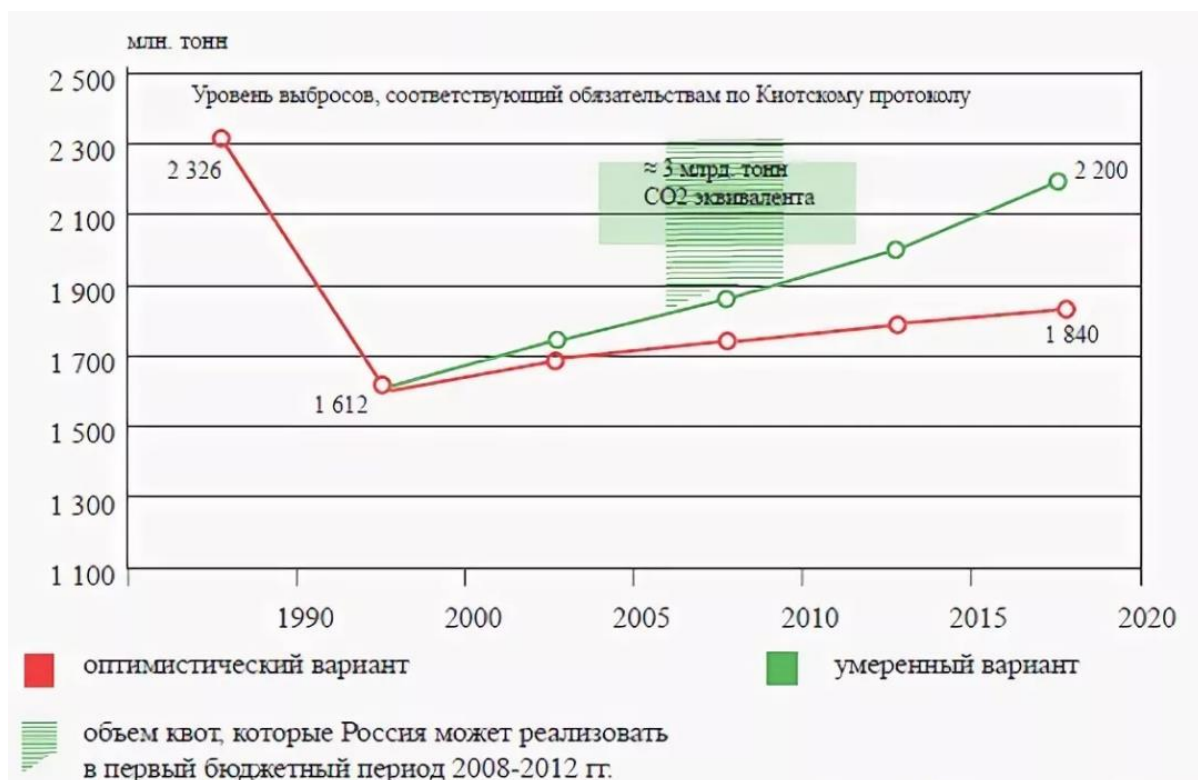


Рисунок 1 – Динамика выбросов парниковых газов в России

На 24-й конференции сторон РКИК ООН об изменении климата, прошедшей 2-14 декабря 2018 года в Катовице (Польша), был принят свод правил реализации Парижского соглашения. Он описывает, как государства должны отчитываться о проделанной на пути к сокращению выбросов работе, а также регулирует вопросы реализации международных проектов в области защиты климата [4].

Библиографический список

1. Парижское соглашения (2015) [Электронный ресурс] : сайт.– Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_\(2015\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_(2015)), свободный (дата обращения: 08.02.2020).
2. и право. – 2016. – № 2. URL: <http://bellona.ru/2016/07/05/climate-economics/>, свободный (дата обращения: 13.12.2017).
3. Кокорин А.О. Анализ факторов и последствий быстрой ратификации Парижского соглашения ведущими странами и его вступления в силу / А.О.Кокорин // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2017. – №2.
4. Копылов М.Н., Басырова Е.Р. Механизм чистого развития в системе гибких механизмов Киотского протокола 1997 года / М.Н. Копылов, Е.Р. Басырова // Евразийский юридический журнал. – 2011. – № 7. – С. 28.

УДК: 519.22

ОЦЕНКА СРЕДСТВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Леонтьева М.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук Соболевская Т.А.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, moonway13@rambler.ru*

Статья посвящена охране окружающей среды, отношению к этой проблеме населения и руководителей предприятий. Показана важность финансирования охраны окружающей среды и природных ресурсов. На примере статистических данных Волгоградской области проведен анализ финансирования методами математической статистики.

Ключевые слова: охрана окружающей среды, финансирование, математическая статистика, коэффициент корреляции, статистические данные.

С каждым годом интерес к проблемам окружающей среды, а, следова-

тельно, поддержанию ее на высоком уровне, возрастает, и это не случайно, так как обеспечение достаточного уровня финансирования расходов на охрану природы в итоге повышает уровень жизни населения любого государства и данная проблема особенно актуальна в условиях глобальной индустриализации. Проблема финансирования расходов на охрану окружающей среды является приоритетной в любом государстве. Однако в нашей стране она в течение многих десятилетий таковой не являлась. Население использовало природные ресурсы в огромных количествах, не заглядывая в будущее. Все это привело к тому, что состояние окружающей природной среды во многих субъектах Российской Федерации, да и во всем мире, является критическим, запасы исчерпаемых природных ресурсов медленно подходят к концу, но никаких улучшений сложившейся ситуации с течением времени не происходит.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что финансирование в сфере охраны окружающей среды, а также рациональное пользование природными богатствами, является важнейшим условием на пути решения проблемы [1-3]. Грамотное финансирование - важнейшее условие решения экологических задач. Охрана природы - финансовоемкое направление деятельности. Плата за пользование природными ресурсами, стоимость очистных сооружений составляют значительную часть бюджета предприятий. Зачастую эти мероприятия финансируются по остаточному принципу. Это является одной из причин того, что объекты природопользования в России находятся в критическом состоянии. Актуальность данной темы существует в связи с тем, что при всей очевидности существования проблемы некачественного финансирования и незаинтересованности предприятий в затратах на охрану окружающей среды, качественных улучшений в решении данного вопроса не происходит.

В данной работе проведем анализ средствами математической статистики [4, 5] динамики инвестиций, направленных на охрану окружающей среды, на примере Волгоградской области.

Международная экспертиза признала статистические данные Федеральной службы государственной статистики надежными, поэтому, поэтому в таблице 1 приведены статистические данные Федеральной службы государственной статистики, взяты с официального сайта Росстата Волгоградской области (<http://volgastat.gks.ru>).

Таблица 1 – Инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (I - на охрану и рациональное использование водных ресурсов; II - на охрану атмосферного воздуха; III - на охрану и рациональное использование земель)

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Миллионов рублей (в фактически действовавших ценах)											
Всего	814,3	1123,1	338,4	485,9	670,3	490,7	910,7	5770,4	6931,3	3196,8	1375,2
из них:											
I	648	884	210,2	292,9	172,6	66,5	218,9	126,1	...	1558,7	1202,8
II	25,5	94,7	37,2	117	466,3	201	502,1	...	...	1527,6	...
III	125,9	137,1	88,2	73,8	30,7	215,5	110,3	...	...	...	...
В процентах к итогу											
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
из них:											
I	79,6	78,7	62,1	60,3	25,7	13,5	24	2,2	...	48,8	87,5
II	3,1	8,4	11	24,1	69,6	41	55,1	...	...	47,8	...
III	15,5	12,2	26,1	15,2	4,6	43,9	12,1	...	...	...	...

Для большей наглядности динамики инвестиций построим график.

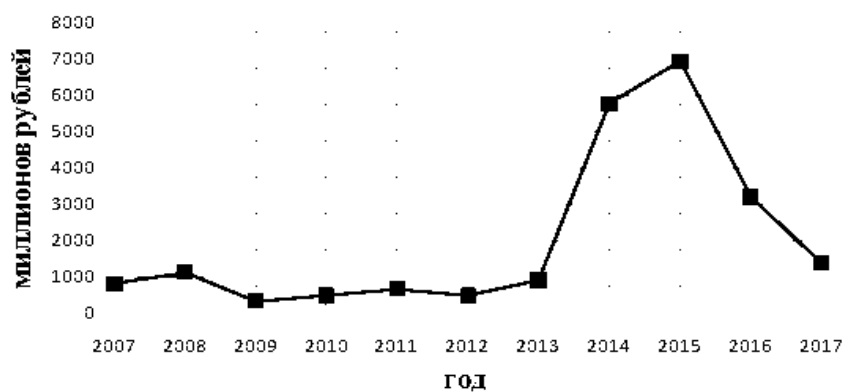


Рисунок 1 – Инвестиции на охрану окружающей среды Волгоградской области по годам

Таблица 2 – Расчет в программе Excel средних значений \bar{x} , \bar{y} , \overline{xy} , $\overline{x^2}$, $\overline{y^2}$

	x	y	xy	x ²	y ²
	2007	814,3	1634300,1	4028049	663084,49
	2008	1123,1	2255184,8	4032064	1261353,61
	2009	338,4	679845,6	4036081	114514,56
	2010	485,9	976659	4040100	236098,81
	2011	670,3	1347973,3	4044121	449302,09
	2012	490,7	987288,4	4048144	240786,49
	2013	910,7	1833239,1	4052169	829374,49
	2014	5775,4	11631655,6	4056196	33355245,16
	2015	6931,3	13966569,5	4060225	48042919,69
	2016	3196,8	6444748,8	4064256	10219530,24
	2017	1375,2	2773778,4	4068289	1891175,04
Сумма	22132	22112,1	44531242,60	44529694,00	97303384,67
Среднее	2012	2010,191	4048294,782	4048154,00	8845762,24

Используя данные таблицы 2, найдем коэффициент парной корреляции по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\overline{y^2} - \bar{y}^2}} \approx 0,547.$$

Делаем вывод, что линейная связь между переменными прямая, средняя. Коэффициент детерминации: $R^2 = r_{xy}^2 \approx 0,3$. Таким образом, можно сделать вывод о невозможности применения линейной регрессионной модели и ее использования для прогнозирования величины инвестиций в окружающую среду Волгоградской области.

Библиографический список

1. Антонян, А.В. Применение математических методов для оптимизации расходов сырья при производстве жестяной тары для консервной промышленности [Текст] / А.В. Антонян, М.Ю. Макарова, Т.А. Киселева // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2016. - С. 3-5.

2. Бунина, И.А. Минимизация отходов математическими методами при раскрое древесины в деревообрабатывающей промышленности [Текст] / И.А. Бунина, Ю.А. Садчикова, Т.А. Киселева // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Кинель, 2016. С. 80-81.

3. Немашкалова, М.С. Решение проблемы увеличения освещенности помещения методами математического анализа [Текст] / М.С. Немашкалова,

Д.А. Шаховая, Т.А. Киселева // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2016. С. 19-20.

4. Дмитриенко, Н.В. Математические методы при расчете длины стрелы автомобильного крана [Текст] / Н.В. Дмитриенко, А.А. Шаповалова Т.А. Киселева // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. Кинель, 2016. С. 317-318.

5. Корбакова, Т.С. Статистический анализ динамики продолжительности жизни населения Российской Федерации [Текст] / Т.С. Корбакова, Т.А. Соболевская // Наука и молодёжь: новые идеи и решения. Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2019. С. 299-301.

УДК 658.567.1:678.065

ПРОБЛЕМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ И КУЗБАССА НА ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Масленникова Т.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: tanja_19.96@mail.ru*

В данной статье рассмотрены проблемы воздействия автотранспорта на человека и окружающую среду (ОС). Проанализированы факторы, оказывающие отрицательное воздействие на организм человека.

Ключевые слова: автомобиль, атмосферный воздух, выхлопные газы, экологическая безопасность.

Одной из острых экологических проблем настоящего времени является загрязнение атмосферного воздуха. В больших городах основным источником загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт. Отходящие газы двигателей представляют собой сложную смесь из более двухсот компонентов, в том числе канцерогенов. Вредные вещества поступают в воздух практически в зоне дыхания человека, поэтому автомобильный транспорт следует отнести к наиболее опасным источникам загрязнения. В настоящее время мировой автомобильный парк превысил 600 млн. единиц, из которых 83-85% приходится на легковые автомобили.

Мировой ежегодный выброс вредных веществ от автомобилей составляет 50 млн. тонн углеводородов, 200 млн. тонн оксида углерода и 20 млн. тонн оксидов азота. Во многих городах мира концентрации вредных ве-

ществ в воздухе, создаваемые выбросами автотранспорта, превышают стандарты качества атмосферного воздуха.

В России выбросы автотранспорта преобладают над выбросами от стационарных источников, и уровень загрязнения воздуха превышает нормативы предельно допустимых концентраций. В связи с этим проблема снижения негативного воздействия автотранспорта на здоровье людей, воздушный и водный бассейны, растительный и животный мир, почвы весьма актуальна.

Автомобильный парк, являющийся основным источником загрязнения окружающей среды, сосредоточен, в основном, в городах. Если в среднем в мире на 1 км² территории приходится пять автомобилей, то плотность их в крупнейших городах развитых стран в 200-300 раз выше.

Во всех странах мира наблюдается концентрация населения в крупных городских агломерациях. С развитием городов всё большую актуальность приобретает своевременное и качественное обслуживание населения, охрана ОС от негативного воздействия городского, особенно автомобильного, транспорта. В настоящее время в мире насчитывается около 520 млн. легковых, 80 млн. грузовых автомобилей и 1 млн. городских автобусов.

Автомобили сжигают огромное количество ценных нефтепродуктов, нанося одновременно ощутимый вред ОС, главным образом, атмосфере. Поскольку основная масса автомобилей сконцентрирована в крупных и крупнейших городах, воздух этих городов не только обедняется кислородом, но и загрязняется вредными компонентами отработавших газов. Противоречия, из которых «соткан» автомобиль, ни в чём не выявляются так резко, как в деле защиты природы. С одной стороны, он облегчил человеку жизнь, с другой – отравляет её в прямом смысле слова. Известно, что один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы более 4 тонн кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг оксида углерода, около 40 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов. Если умножить эти цифры на 600 млн. единиц мирового парка автомобилей, можно представить себе степень угрозы, таящейся в чрезмерной автомобилизации.

Увеличение количества взвешенной в воздухе и осевшей на поверхности пыли объясняется повышенным износом асфальтового покрытия автомобильных дорог вследствие применения ошипованных шин.

Существует много технических и планировочных приёмов выравнивания транспортной нагрузки на магистральной сети города. Прежде всего, следует равномерно размещать основные зоны приложения труда и жилые районы, а также места отдыха и центры культурно-бытового обслуживания. Одновременно наиболее загруженные участки транспортной сети можно дублировать новыми линиями.

Магистральные улицы в городах составляют примерно 20-30% общей протяженности всех улиц и проездов. На них сосредотачивается до 60-80% всего автомобильного движения, то есть магистрали в среднем загружены примерно в 10-15 раз больше, чем остальные улицы и проезды.

Создание в городе сети магистралей скоростного движения позволяет существенно увеличить скорости общественного транспорта и легковых автомобилей, повысить её пропускную способность, сократить число дорожно-транспортных происшествий, изолировать жилые районы и общественные центры от концентрированных потоков транспортных средств. Но магистраль скоростного движения – дорогостоящее сооружение, поэтому такие магистрали строят лишь в крупных городах.

При строительстве и реконструкции городов проектировщики стремятся ограничить количество автомобилей, въезжающих в городские центры, разрабатывают новые системы регулирования уличного движения, сводящих к минимуму возможность образования транспортных пробок. Это очень важно, потому что, останавливаясь, и потом снова набирая скорость, автомобиль выбрасывает в воздух в несколько раз больше вредных веществ, чем при равномерном движении. Эффективными профилактическими мероприятиями являются расширение улиц, создание между проезжей частью дорог и жилыми домами фильтров – стен и зелёных насаждений.

Для снижения вредного влияния автомобильного транспорта требуется вынос из городской черты грузовых транзитных потоков. Это требование зафиксировано в действующих строительных нормах и правилах, но практически соблюдается редко.

Эффективным мероприятием по снижению вредного влияния автомобильного транспорта на горожан является организация пешеходных зон с полным запретом въезда транспортных средств на жилые улицы. Менее эффективное, но более реальное мероприятие – это введение системы пропусков, дающих право на въезд в пешеходную зону только специальным автомобилям, владельцы которых живут в конкретной зоне жилой застройки. При этом должен быть полностью исключён сквозной проезд авторанспорта через жилой квартал.

По влиянию вредных веществ автотранспорта на организм человека все многообразие продуктов выхлопов автомобильных двигателей может быть классифицировано по группам, сходным по характеру воздействия на организм человека или химической структуре и свойствам:

1) нетоксичные вещества: азот, кислород, водород, водяной пар и углекислый газ, содержание которых в атмосфере в обычных условиях не достигает уровня, вредного для организма человека;

2) монооксид углерода, наличие которого характерно для выхлопов бензиновых двигателей;

3) оксиды азота, которые по мере пребывания в атмосфере соединяются с кислородом;

4) углеводороды (алкаин, алкены, алкадиены, цикланы, ароматические соединения);

5) альдегиды;

6) сажа;

- 7) соединения свинца.
- 8) сернистый ангидрид.

Игнатович Н. И. и Рыбальский Н.Г. утверждают, что «чувствительность населения к действию загрязнения атмосферы зависит от большого числа факторов, в том числе от возраста, пола, общего состояния здоровья, питания, температуры и влажности и т. д. Лица пожилого возраста, дети, больные, курильщики, страдающие хроническим бронхитом, коронарной недостаточностью, астмой, являются более уязвимыми категориями населения».

Шум от автотранспорта также отрицательно действует на организм человека. Наибольшие уровни шума 90-95 дБ отмечаются на магистральных улицах городов со средней интенсивностью движения 2-3 тысяч и более транспортных единиц в час. Уровень уличных шумов обуславливается интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Кроме того, он зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зелёных насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума до 10 дБ.

Акустическая характеристика транспортного потока определяется показателями шумности автомобиля. Шум, производимый отдельными транспортными экипажами, зависит от многих факторов: мощности и режима работы двигателя, технического состояния экипажа, качества дорожного покрытия, скорости движения. Кроме того, уровень шума, как и экономичность эксплуатации автомобиля, зависит от квалификации водителя. Шум от двигателя резко возрастает в момент его запуска и прогрева (до 10 дБ). Движение автомобиля на первой скорости (до 40 км/ч) вызывает излишний расход топлива, при этом шум двигателя в 2 раза превышает шум, создаваемый им на второй скорости. Значительный шум вызывает резкое торможение автомобиля при движении на большой скорости. Шум заметно снижается, если скорость движения гасится за счёт торможения двигателем до момента включения ножного тормоза.

За последнее время средний уровень шума, производимый транспортом, увеличился на 12-14 дБ, поэтому проблема борьбы с шумом в городе приобретает всё большую остроту. Шум в больших городах сокращает продолжительность жизни человека. По данным австрийских исследователей, это сокращение колеблется в пределах 8-12 лет. Чрезмерный шум может стать причиной нервного истощения, психической угнетённости, вегетативного невроза, язвенной болезни, расстройства эндокринной и сердечно-сосудистой систем. Шум мешает людям работать и отдыхать, снижает производительность труда.

Высокие уровни шума в городской среде, являющиеся одним из агрессивных раздражителей центральной нервной системы, способны вызвать её

перенапряжение. Городской шум оказывает неблагоприятное влияние и на сердечно-сосудистую систему. Ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, повышенное содержание холестерина в крови встречаются чаще у лиц, проживающих в шумных районах.

Шум в значительной мере нарушает сон. Крайне неблагоприятно действуют прерывистые, внезапно возникающие шумы, особенно в вечерние и ночные часы, на только что заснувшего человека. Внезапно возникающий во время сна шум (например, грохот грузовика) нередко вызывает сильный испуг, особенно у больных людей и у детей. Шум уменьшает продолжительность и глубину сна. Под влиянием шума уровнем 50 дБ срок засыпания увеличивается на час и более, сон становится поверхностным, после пробуждения люди чувствуют усталость, головную боль, а нередко и сердцебиение.

К градостроительным мероприятиям по защите населения от шума относятся: увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом, применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), применение специальных шумозащитных полос озеленения, использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов.

Мероприятия по защите окружающей среды от влияния автотранспортных средств обусловлены причинами загрязнения воздуха:

- плохое состояние технического обслуживания автомобилей,
- низкое качество применяемого топлива, наличие свинцовых добавок в бензине,
- неразвитость системы управления транспортными потоками,
- низкий процент использования экологически чистых видов транспорта.

Не следует при этом забывать, что основным отличием загрязнения воздушного бассейна автомобильным транспортом от остальных загрязнителей является его рассредоточенность по огромной площади и близость к жилым массивам.

Все мероприятия по защите окружающей среды от влияния автотранспортных средств можно разделить на 3 основные группы:

1. Технические вопросы развития автомобилестроения:

- совершенствование существующих двигателей (улучшение системы зажигания, в том числе оснащение бесконтактными системами зажигания);
- изменение процессов подачи топлива в цилиндры двигателей, в том числе применение электронного впрыскивания топлива;
- обеспечение рециркуляции отработавших газов, а также установка микропроцессорных систем управления двигателями;
- создание альтернативных видов топлива (спирты этанол и метанол, водород);
- создание и расширение производства автомобилей с высокоэкономичным и малотоксичным двигателем;
- снижение токсичности моторных топлив;

- контроль и регулировка токсичности и дымности отработавших газов при выезде автомобилей из автопредприятий, при техническом осмотре, а также на дорогах;

- ужесточение допустимых норм содержания вредных веществ.

2. Рациональная организация перевозок и движения:

- совершенствование дорог;

- оптимальная маршрутизация автомобильных перевозок;

- организация и регулирование дорожного движения (исключение пересечений транспортных потоков, обеспечение равномерного свободного движения, безостановочный проезд, развязка на разных уровнях) ;

- рациональное управление автомобилем.

3. Ограничение распространения загрязнения от источника к человеку:

Снижение концентрации вредных веществ можно достигать с помощью зеленых насаждений, проведения ярусного озеленения на крупных магистралях.

Защита атмосферы от вредных воздействий, возникающих в результате эксплуатации автомобильного транспорта, является крайне актуальной, поскольку от качества атмосферного воздуха в наибольшей степени зависит не только здоровье человека, но и в целом качество жизни на планете. Полное же решение проблемы уменьшения загрязнения воздуха автотранспортом зависит, в первую очередь, от технических мероприятий, касающихся повышения экологичности каждого автомобиля и уменьшения токсичности автомобильных выбросов. Это - долгосрочная программа, требующая больших материальных затрат и времени.

Библиографический список

1. Чумакова А.Ю., Дубовой А.Н. Влияние автомобильного транспорта на безопасность окружающей среды / А.Ю. Чумакова, А.Н. Дубовой // Студенческий: электрон. научн. журн., №12. – 2017. – 30 с.

2. Абузярова Ю.В., Чикенева И.В., Колесников П.В. Загрязнение придорожной зоны выбросами автотранспорта на примере Оренбургской области / Ю. В. Абузярова, И. В. Чикенева, П. В. Колесников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – №3. – С. 233-236.

3. Владимиров С.Н. Экологическая проблема: автомобиль - город - человек / С. Н. Владимиров // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – №11. – 2005. – С. 81-83.

4. М.В. Волкодаева, В. Ф. Хватов. Влияние технических нормативов выбросов автотранспорта на качество атмосферного воздуха / М. В. Волкодаева, В. Ф. Хватов // Двигателестроение. –2008. –№1. – С.41-45.

5. Живодеров А.А., Горбич Л.Г. Исследование распространения в атмосфере оксида углерода и диоксида азота, выделяющихся при работе автомобильных двигателей / А.А. Живодеров, Л.Г. Горбич // Экологические си-

стемы и приборы. – 2012. – №1. – С.7– 11.

6. Корнюшин В.М. Газ – топливо, ухудшающее экологию / В. М. Корнюшин // Автомобильная промышленность. – 2007. – №9. – С. 11-12.

7. Семина И.А., Фоломейкина Л. Н. Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду: / И. А. Семина, Л. Н. Фоломейкина // Экологические системы и приборы. – 2003.– №7. – С.25-28.

УДК 658.567.1:678.065

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В РОССИИ

Наливайко О.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: olesya96.6@mail.ru*

В данной статье рассмотрены проблемы переработки автомобильных шин в России.

Ключевые слова: автомобильные шины, вторичное сырье, резиновые отходы, переработка шин, экологическая безопасность.

Отходы являются частью жизнедеятельности человека, промышленных предприятий и различных организаций, без них обойтись невозможно и остаётся только лишь решать дальнейшую их судьбу. Кроме того, как добросовестно поместить всё в мусорный бак, можно дать вторую жизнь неиспользуемым вещам.

Резину используют при производстве самых разнообразных предметов. Однако в контексте утилизации резины имеет смысл поговорить об автомобильных шинах. С каждым годом владельцев автомобилей в нашей стране становится все больше, при этом срок службы автошин ограниченный, возникает вопрос, что делать со старыми шинами. Ответ прост: сдать их в пункт приема резины на переработку [1].

Переработка использованных шин и иных резиновых технических изделий с каждым годом становится все более актуальной проблемой во всем мире, так как это связано с бурным развитием мирового автомобилестроения.

Правильный выбор метода переработки резинотехнических изделий позволит получить из данных отходов не только экономическую выгоду, но и значительно улучшить экологическую обстановку окружающей среды. Автомобильные шины являются частным случаем резинотехнических изделий, и они обладают значительным энергетическим потенциалом [2].

В соответствии с действующим в России законодательством изношен-

ные шины захоронению на полигонах (равно как и сжиганию) не подлежат. Остается единственный вариант – изношенные шины собрать и переработать. И вот тут и появляется масса вопросов:

- кто должен их собирать и на каких условиях (т.е. кто будет платить за сбор, накопление, хранение, сортировку, транспортировку и сколько);

- при помощи какой технологии, количество которых уже перевалило за десяток, наиболее рационально перерабатывать изношенные шины или, все-таки, частично восстанавливать;

- каковы пределы применения и ограничения возможностей тех или иных технологий;

- насколько востребованы продукты переработки шин, спектр которых весьма широк и специфичен для каждой используемой технологии, по какой цене они могут быть реализованы и с использованием каких технологий переработаны в конечную продукцию;

- по каким критериям оценивать экономическую эффективность предлагаемых технологий;

- кто будет устанавливать «правила игры», насколько они будут отражать интересы как бизнеса, так и государства, насколько эти интересы будут сбалансированы, кто будет следить за их исполнением и насколько будет велика и неотвратима ответственность за их неисполнение.

Методы утилизации и переработки изношенных шин глобально делятся на 2 основные категории: физико-механические и термические способы переработки. К физико-механическим способам переработки относят дробление шин в крошку, восстановление до вторичного использования, дробление взрывом и бародеструкцию. К термическим способам относится сжигание шин, газификация, СВЧ-пиролиз и классический пиролиз [3].

Дробление шины в крошку – самый распространенный в России способ переработки изношенных шин в настоящее время. По ленточному транспортеру шина перемещается на стол пресса для резки. Далее фрагментированные куски резины подаются в загрузочные устройства высокого давления. В данной установке резина проходит этап экструзии на куски 20-80 мм. Затем смесь резины, ткани и металлокорда подается в аппарат очистки брикетов, где происходит их разделение. В магнитном сепараторе отделяется металлокорд, который поступает в контейнер. В дробилке остатки металла измельчаются до 10 мм, и далее вся смесь подается в кордоотделитель, где резиновая крошка проходит сепарацию на две фракции: до 3 мм и от 3 до 10 мм. Остатки выделенного металла направляются в контейнер, а резиновая крошка со смесью текстиля по транспортеру направляется в кордоотделитель [4]. Текстильный корд поступает в контейнер, а резиновая крошка направляется на вибросито. Вибросито необходимо, чтобы разделить получившуюся крошку на 3 фракции:

- от 0,3 до 1,0 мм;

- от 1,0 до 3,0 (4,0) мм;

- свыше 3,0 (4,0) мм.

В случае, если резиновая крошка имеет фракцию более 3,0 мм, она возвращается в экструдер-измельчитель. С помощью транспортера резиновая крошка I и II фракции поступает в бункеры накопителя, откуда дозаторами перемещается в бумажные мешки. Весы служат для контроля отгружаемого материала. Заполненные товарной крошкой мешки прошиваются на машине.

Восстановление шин для вторичного использования также применяется довольно часто. В большинстве случаев этот процесс подразумевает замену изношенного протектора с использованием материала, идентичного оригинальному. Резина восстанавливается в несколько этапов:

на первом этапе любая покрышка подвергается осмотру для выявления всех дефектов; далее происходит шерохование – процесс удаления остаточных частей старого протектора; ремонт покрышки. На данном этапе происходит удаление повреждений с внешней и внутренней сторон, при наличии сквозных проколов, их армируют; подготовка шины к вулканизации. Поверхность шины подвергается грунтовке сырым составом резины, после чего происходит процесс сушки в течение необходимого времени [5,6].

Дробление взрывом. Суть данного метода заключается в том, что шины определенном количестве (до 500 кг, загружают в емкость и охлаждают до температуры -60°C . Затем шины погружают в рабочую камеру (взрывоциркулятор) со взрывчаткой, где происходит детонация и охлажденная хрупкая резина разрушается на мелкие частицы .

Бародеструкция – данный метод является крайне энергозатратным. Суть заключается в измельчении шин при помощи гидравлического пресса. Из цельной шины резина под высоким давлением выдавливается или отжимается из корда. Конечным продуктом является резиновая крошка, диаметров до 0,8 мм и металлокорд. Полученный в ходе переработки текстильный корд может использоваться как исходное сырье для изготовления тепло- и звукоизоляционных материалов, тампонирования скважин при бурении, в качестве армирующего наполнителя при изготовлении композиционных эластомерных материалов .

Сжигание шин. Использования шин в качестве топлива используют в цементных печах и на ТЭЦ, однако это не приносит существенной прибыли. При производстве цемента количество шин, которые используются в качестве топлива, ограничено. Это связано с тем, что их использование негативно отражается на качестве цемента и экологическом состоянии окружающей среды [7].

СВЧ-пиролиз – это новое направление в переработке шин. При воздействии микроволнового поля на обрабатываемый материал распределение энергии происходит одновременно по всему объему, поэтому нагрев материала происходит значительно быстрее, чем при обычном пиролизе (который происходит при конвекционном нагреве). При правильном подборе парамет-

ров СВЧ-установки микроволновый пиролиз позволяет при минимальных затратах энергии и времени практически безотходно перерабатывать любые резинотехнические изделия. Также этот способ пиролиза более экологичен в сравнении с традиционными термическими способами переработки, где нагрев резины осуществляется сжиганием частью образующихся в ходе пиролиза газов и других горючих материалов.

Термолиз резиновой крошки в среде углеводородного теплоносителя. Этот способ является наиболее экологичным и позволяет получать товарный углерод, а также его жидкий остаток – синтетическую нефть. Сырье можно использовать для повторного изготовления покрышек.

В ходе проведенного анализа методов переработки изношенных шин в качестве наиболее перспективного метода был рекомендован пиролиз. Во-первых, во многих развитых странах (Англия, Франция, Германия, США, Япония и др.) данный метод занимает существенную долю среди альтернативных способов. Во-вторых, продукты пиролиза не нуждаются в дальнейшей переработке в отличие от резиновой крошки или регенерата. В-третьих, современные технологии в области переработки отходов находятся на высоком уровне: в некоторых странах перерабатывается до 100% отработанных шин и 60% приходится на пиролиз, что говорит о большом опыте зарубежных стран в данной сфере, а также о минимальном экологическом воздействии на окружающую среду в сравнении с другими методами [8,9].

Библиографический список

1. Сапронов В.А. Экономическое и экологическое значение проблемы переработки изношенных шин / В.А. Сапронов // Переработка изношенных шин : сб.науч.тр. / ЦНИИТЭНЕФТЕХИМ. – Москва, 1982. – С. 5.
2. Леонов В.Е., Сиворина А.Г. Утилизация автомобильных шин / В.Е. Леонов, А.Г. Сиворина // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 21. – С. 30.
3. Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения. Введ. 1985-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. ГОСТ 8407. – С. 6.
4. Г. И. Павлов, А. В. Кочергин, О. Р. Ситников, А. И. Галимова, Р. Ф. Шакуров, К. А. Кочергина, С. Ю. Гармонов / Переработка изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку при использовании установок пульсирующего горения // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №19. – С. 174-179.
5. Никольский В.Г. Автомобильные шины / В.Г. Никольский // Вторичные ресурсы. – 2002. – №6. – С. 48.
- 6.Одинокова И.В. Аспекты утилизации автомобильных шин / И.В. Одинокова // Автотранспортное предприятие. – 2004. – №11. – С. 48.
7. Федоров Л.А. Проблемы химической безопасности при сжигании шин / Л.А. Федоров // Химия и жизнь. – 2002. – №2. – С. 54.
8. Тарасова Т. Ф. Экологическое значения и решение проблемы пере-

работки изношенных автошин / Т. Ф. Тарасова, Д. И. Чапалда // Вестник ОГУ. Т. 2. Естественные и технические науки. – 2006. – № 2. – С. 130-135.

9. Шулдякова К. А. Утилизация изношенных автомобильных шин в России // Молодой ученый. – 2016. – №26. – С. 739-742..

УДК 661.856

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ОЧИСТКИ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ

Никитина Е.Л., Самарин М.М.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Никитина Е.Л.

*Ярославский государственный технический университет,
г. Ярославль, e-mail: nikitinael@ystu.ru*

В последнее время предпринимаются значительные усилия с целью удаления соединений меди, присутствующих в отработанных травильных растворах и сточных водах. При этом целесообразным является регенерация этих растворов для их повторного использования, либо выделение соединений металлов, либо достижение этих целей одновременно.

Ключевые слова: ионный обмен, регенерация, электромагнитный аппарат, катионы меди.

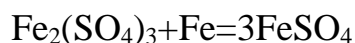
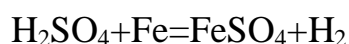
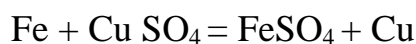
В настоящее время одной из острых экологических проблем, является нарастающее количество отработанных гальванических растворов и невозможных гальванических шламов. Это обусловлено тем, что в микроэлектронике, технология изготовления различных деталей предусматривает нанесение прочных однородных покрытий, чаще всего медных. Решением эколого-экономических проблем гальванических отходов является предотвращение их образования, внедрением технологий регенерационной утилизации гальванических растворов [1,2]. Промывные воды и отработанные растворы, содержащие ионы меди, являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Это связано не только с высокой токсичностью данного элемента, но и с тем, что во многих областях Российской Федерации установлены жесткие нормативы по составу сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения. Всё это обуславливает необходимость разработки и реализации современных технологий, позволяющих обеспечить высокую эффективность процессов очистки от ионов тяжелых металлов, а также возможность создания на их основе комплексных технологий с замкнутым циклом водопотребления.

В ряде предприятий, занимающихся производством продукции термоэлектрических охлаждающих и генераторных модулей, феррожидкостных уплотнителей отсутствует технология очистки отработанных растворов, со-

держатся значительные количества тяжелых металлов. Практическое применение имеет возможность очистки отработанных растворов на предприятии и повторное использование очищенных вод в промышленном производстве. Целью работы является разработка способа утилизации медьсодержащих растворов.

Исследовались сульфатные сточные воды образующиеся на предприятии электронного приборостроения, содержащие катионы меди 70 г/дм^3 и железа $0,32 \text{ г/дм}^3$. Технология очистки стоков состояла в обработке их в электромагнитном аппарате [3] в присутствии железной стружки в стехиометрическом соотношении $\text{Cu}:\text{Fe}=1:1$ в течение 3 мин. В электромагнитном аппарате с частотой 50 Гц, индукцией переменного магнитного поля 0,3 Тл, напряженностью магнитного поля 450 А/см, использовалась энергия переменного магнитного поля, создаваемого магнитными элементами из магнитотвердого материала, движущимися под воздействием этого поля. Под действием удара и трения происходит измельчение обрабатываемого материала до коллоидного состояния.

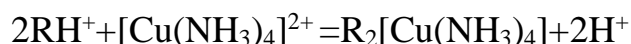
Основные электрохимические реакции в процессе цементации меди железом:



Медь переходит в осадок, удаляемый из реактора последующим фильтрованием и промывкой водой.

После отделения меди и промывки осадка, отработанный раствор осаждали щелочью и фильтровали. Содержание катионов меди и железа в фильтрате составило соответственно 7,4 и $0,95 \text{ г/дм}^3$. Для последующей очистки фильтрованного раствора проведена селективная реакция для разделения катионов железа и меди. Известно [4], что сульфосалициловая кислота образует в щелочной среде ($\text{pH}=8-12$) комплексные ионы противоположного знака трисульфосалицилата железа $[\text{Fe}(\text{HSO}_3\text{C}_6\text{H}_3\text{OCOO})_3]^{3-}$ и катионы аммиаката меди $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Для проведения эксперимента выбрано оптимальное соотношение сульфосалициловой кислоты и аммиачного раствора 3:2.

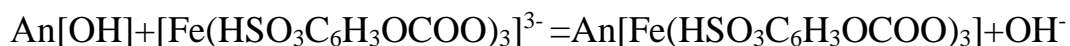
При пропускании через колонку с катионитом смеси катионов комплексные катионы меди поглощаются катионитом.



Регенерацию катионита проводили раствором серной кислоты с целью дальнейшего использования медьсодержащего раствора.



На анионообменнике происходит очистка трисульфосалицилата железа:



Регенерацию анионита проводили раствором аммиака с концентрацией 5 %
 $An[Fe(HSO_3C_6H_3OCOO)_3]+3NH_4OH=An[OH]+(NH_4)_3[Fe(HSO_3C_6H_3OCOO)]$

В процессе ионообменной очистки достигается высокая эффективность очистки по разделенным катионам металлов с последующей регенерацией ионообменной смолы и использованием в производственном цикле регенерационных растворов.

Таблица 1 - Показатели эффективности очистки на ионообменниках

Показатели	Наименование катиона	
	Cu ⁺²	Fe _{общ}
Концентрация катионов исх., г/л	7,4	0,95
Концентрация катиона в элюате, после катионита, г/л	0,06	0,03
Эффективность очистки, %	99,2	96,8
Концентрация катиона в элюате после анионита, г/л	0	0,004
Эффективность очистки, %	100	99,5

Определена обменная емкость катионита КУ-2-8- 187,2 мг/г и анионита АН-31 -161,4 мг/г. В процессе ионообменной очистки достигается высокая эффективность очистки по разделенным катионам металлов с последующей регенерацией ионообменной смолы и использованием в производственном цикле регенерационных растворов. Использование селективной химической реакции позволило увеличить эффективность очистки по разделяемым катионам металлов.

Библиографический список

1. Даценко В.В. Решение экологических проблем при утилизации компонентов сточных вод гальванических производств // Восточно-Европейский журнал передовых технологий-2012, Т.6, №10,с.33-38.
2. Бабенко С.А., Пищулин В.П. Пути переработки травильных растворов // Известия Томского политехнического института им. Кирова С.М.-Т.259.- 1975.- С.37-39
3. Пат № 2640704 РФ МПК В 22А 9/24 С22В15/00. Способ цементации медьсодержащих растворов / Никитина Е.Л., Ефимова Г.А.
4. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье-М.: Химия,1971.-248с.

РАСЧЕТ ОБЪЕМА НОРМАТИВНОГО СТОКА С ПОЛИГОНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Николаева Е.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Громова О.Б.

*Московский политехнический университет,
г. Москва, e-mail: jenny.nik@yandex.ru*

На примере ПАО «Дорогобуж» рассмотрена проблема загрязнения подземных вод стоками с территории полигона промышленных отходов. Выполнен расчет объема нормативного стока. Рекомендованы дополнительные меры для защиты подземных вод от загрязнений.

Ключевые слова: полигон, промышленные отходы, подземные воды, лабораторные анализы, загрязнение.

Образование опасного фильтрата, связанного с выщелачиванием токсичных компонентов отходов, перенос жидкой фракции водой на большие расстояния и ее последующая миграция в подземные воды, почву и растения наносят существенный вред окружающей среде. Проникновение сточных вод – фильтрата – на полигонах промышленных отходов в подземные воды обусловлено в основном неправильной системой защиты от загрязняющих веществ и близостью расположения подземных вод.

На этапе проектирования строительства полигона, как правило, проводится ряд работ, включающих геологическую оценку местности с целью выявления водоупорных пород и водоносных горизонтов, физико-географическую оценку для получения информации по рельефу местности, объему годовых осадков и прилегающих водных объектах; а также проводятся лабораторные исследования по выявлению в водах загрязняющих веществ.

Объект размещения промышленных отходов ПАО «Дорогобуж» расположен в Смоленской области, на территории предприятия и ООО «Днепр», вблизи прудов-накопителей загрязненных стоков. Климатические условия определены в соответствии с СНиП 23-01.99 «Строительная климатология»: среднее количество осадков, выпадающих за год 738 мм, суточный максимум – 77 мм. На период строительства грунтовые воды вскрыты на глубине 22 м, основными геологическими породами являются четвертичные отложения и флювиогляциальные пески [1].

Площадка полигона имеет прямоугольную форму и расположена полностью на насыпных грунтах. В восточной части площадки обустроены три карты для отходов IV и V классов опасности глубиной 3,5 м. Защищенность грунтовых вод в пределах всей территории полигона захоронения ПО относится к I-II категории с разгрузкой в р. Днепр. Грунтовые воды являются

практически незащищенными от проникновения загрязняющих веществ с поверхности полигона.

Оценка качества грунтовых вод, отобранных в декабре 2015 года на промплощадке полигона по захоронению промышленных отходов ПАО «Дорогобуж», по сравнению с ПДК для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ГН 2.1.5.1315-03) показала следующее:

- концентрации основных составообразующих анионов, нитратов, нитритов, фосфатов, АПАВ, нефтепродуктов и тяжелых металлов не превышают установленных нормативов;

- повышенные (относительно ПДК_{кб}) концентрации железа и марганца обусловлены естественными причинами (повышенным естественным фоном), а также связаны с особенностями отбора проб (металлические обсадные трубы, пробы отбирались без предварительной откачки);

- наличие иона аммония в концентрациях, незначительно превышающих ПДК_{кб} (в 2,1 раза), зафиксировано в одной скважине из 4-х, что свидетельствует о локальном загрязнении, не представляющем опасности для грунтового водоносного горизонта.

Поскольку анализ грунтовых вод выполнен до начала эксплуатации полигона ПО, полученные характеристики являются фоновыми. Зафиксированные единичные превышения ПДК_{кб} не связаны с производственной деятельностью на площадке полигона [2].

Учитывая, что грунтовые воды не являются источниками водоснабжения, оценка качества воды проводилась по нормативам для водоемов культурно-бытового, хозяйственно-питьевого назначения.

В ходе эксплуатации полигона с конца 2018 года на первых картах стали размещаться отходы 91 вида. В том числе: отходы неорганических кислот (шлам из емкости серной кислоты); обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15% и более); отходы минерального волокна (отходы каолиновой ваты при ремонте реакторов каталитической очистки); прочие твердые минеральные отходы (грунт, загрязненный промотходами); отходы оксидов, гидроксидов, солей (осадок из емкостного оборудования систем переработки нитрата кальция, разложения) и др. Исходя из вышперечисленного, сформирован список загрязняющих веществ для контроля качества подземных вод (таблица 1).

Таблица 1 - Загрязняющие вещества, подлежащие контролю на полигоне ПО ПАО «Дорогобуж»

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Допустимая концентрация мг/дм ³
1	Взвешенные вещества	5,070
2	БПК _{полн}	3,352
3	СПАВ анионоактивный	0,500
4	Сухой остаток	1000,000

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Допустимая концентрация мг/дм ³
5	Нефтепродукты	0,500
6	Азот нитратов	16,739
7	Хлорид-ион	300,000
8	Сульфаты	230,773
9	Фосфат-ион	0,700
10	Азот аммонийный	2,517
11	Азот нитритов	0,131
12	Железо общее	0,100
13	Хром 6+	0,020
14	Медь	0,001
15	Цинк	0,010
16	Никель	0,010
17	Кадмий	0,005
18	Марганец	0,010
19	Свинец	0,006
20	Алюминий	0,040
21	Фторид-ион	0,473
22	Кобальт	0,010
23	Магний	40,000
24	Кальций	180,000
25	Стронций	0,400

Однако расчетные нормативы получены с учетом проектировочных величин, при эксплуатации полигона сток с его территории будет увеличен, исходя из количества осадков. Годовой сток можно рассчитать по формуле:

$$W_{\Gamma} = W_{\text{д}} + W_{\text{т}} \quad (1)$$

где $W_{\text{д}}$ – годовой объем дождевого стока, м³/год,

$W_{\text{т}}$ – годовой объем талого стока, м³/год

Годовой объем дождевого и талого стока рассчитывается по формулам:

$$W_{\text{д}} = 10 \times h_{\text{д}} \times \Psi_{\text{д}} \times F \quad (2)$$

$$W_{\text{т}} = 10 \times h_{\text{т}} \times \Psi_{\text{т}} \times F \quad (3)$$

где F – расчетная площадь стока, в га;

$h_{\text{д}}$ – слой осадков за теплый период года, $h_{\text{д}} = 234$ мм (табл. 2 СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»);

$h_{\text{т}}$ – слой осадков за холодный период года, $h_{\text{т}} = 457$ мм (табл. 1 СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»);

$\Psi_{\text{д}}$ и $\Psi_{\text{т}}$ – общие коэффициенты стока дождевых и талых вод соответственно.

Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные расчета поверхностного стока с территории полигона

№ п/п	Наименование показателя	Значение	Итого
1	Расчетная площадь твердого покрытия	1,16 га	5,8 га
2	Расчетная площадь грунтового покрытия	4,64 га	
3	Слой осадков за теплый период года	234 мм	
4	Слой осадков за холодный период года	457 мм	
5	Коэффициент стока дождевых вод	0,75 / 0,1	
6	Коэффициент стока талых вод	0,7	
7	Годовой объем дождевого стока	8 143,20 м ³ /год	
8	Годовой объем талого стока	18 554,2 м ³ /год	
9	Годовой объем	26 697,40 м ³ /год	26 697,40 м ³ /год

Учитывая возможные превышения по представленным выше загрязняющим веществам, был рассчитан норматив стока (таблица 3).

Таблица 3 – Нормативный сток с территории полигона при условии его полной эксплуатации

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Допустимая концентрация мг/дм ³	Норматив стока, м ³ /год
1	Взвешенные вещества	5,070	135355,818
2	БПК _{полн}	3,352	89489,6848
3	СПАВ анионоактивный	0,500	13348,7
4	Сухой остаток	1000,000	26697400
5	Нефтепродукты	0,500	13348,7
6	Азот нитратов	16,739	446887,7786
7	Хлорид-ион	300,000	8009220
8	Сульфаты	230,773	6161039,09
9	Фосфат-ион	0,700	18688,18
10	Азот аммонийный	2,517	67197,3558
11	Азот нитритов	0,131	3497,3594

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Наименование показателя	Значение	Итого
12	Железо общее	0,100	2669,74
13	Хром 6+	0,020	533,948
14	Медь	0,001	26,6974
15	Цинк	0,010	266,974
16	Никель	0,010	266,974
17	Кадмий	0,005	133,487
18	Марганец	0,010	266,974
19	Свинец	0,006	160,1844
20	Алюминий	0,040	1067,896
21	Фторид-ион	0,473	12627,8702
22	Кобальт	0,010	266,974
23	Магний	40,000	1067896
24	Кальций	180,000	4805532
25	Стронций	0,400	10678,96

Данные нормативы являются условными и носят рекомендательный характер, так как получены на основе прогнозного расчета. Для предотвращения сброса повышенной концентрации загрязняющих веществ на полигоне действуют и могут быть введены следующие мероприятия:

- уменьшение образования фильтрата в толще промышленных отходов путем недопущения попадания излишнего количества влаги в тело полигона ПО и своевременный сбор дождевых стоков, образующихся на поверхности действующих рабочих карт;

- устройство противофильтрационного экрана по дну и откосам карт захоронения промышленных отходов и контрольно-регулирующих прудов полигона ПО;

- выполнение послойной изоляции ПО связным грунтом;

- устройство водонепроницаемого выгреба на период строительства и эксплуатации.

Для недопущения попадания излишнего количества влаги в тело полигона ПО в карте дно разделяется на два или три отсека дамбами из глинистого грунта высотой 1,0 м, что позволяет разделить дождевые стоки на чистые (не контактирующие с отходами) и загрязненные (контактирующие с отходами). После дождя стоки с поверхности рабочих карт перекачиваются передвижным насосом. При этом чистые стоки направляются в кольцевой канал, откуда самотеком поступают в одну из двух секций контрольно-регулирующих прудов, предназначенную для условно чистых поверхностных вод; а загрязненные – в автоцистерну с транспортировкой во вторую секцию контрольно-регулирующих прудов, предназначенную для загрязненных вод.

В дальнейшем, по мере заполнения контрольно-регулирующих прудов, воды из них, после контроля, сбрасываются в пруды-накопители загрязненных сточных вод предприятия, при этом загрязненную часть стоков в одной из секций рекомендуется перед сбросом разбавлять условно чистыми водами из другой секции.

По периметру полигона высотой 2 м от верха планировки участка устроена кольцевая дамба. Тело дамбы отсыпается из местного грунта с послойным уплотнением до объемной массы скелета $1,6 \text{ кг/см}^3$. Ширина по гребню принята 3,0 м из условия работы строительной техники, заложение откосов 1:2. Откосы и гребень дамбы крепятся посевом трав по слою растительного грунта.

Предусмотренные мероприятия, безусловно, являются эффективными, однако целесообразно предусмотреть дополнительную изоляцию дна и боковых стенок. Композиции материалов, используемых для изолирующего слоя, могут быть различными, но в любом случае они должны обладать высокой плотностью, стабильностью, водонепроницаемостью и прочностью в течение многих лет. Дно котлована должно быть выложено из уплотненной глины или другого природного материала, с применением в качестве пограничного слоя (экрана) эластичной синтетической мембраны.

Шлам из емкости серной кислоты при захоронении желательнее декантировать (механически разделить жидкость и твердую фракцию), либо добавлять адсорбент или отвердитель. Для этих целей можно использовать известь, известь с цементом, песчано-цементную смесь, расплавленное стекло, композиции, состоящие из цемента, летучей смолы и плавящихся силикатов.

Лаборатория полигона токсичных промышленных отходов должна осуществлять систематический текущий контроль уровня содержания загрязняющих веществ в грунтовых водах, в водах близлежащих водных объектах, в почве территории, в растениях вокруг полигона, а также в атмосферном воздухе в радиусе 3000 м.

Все мероприятия, применяемые и рекомендуемые, соответствуют требованиям природоохранного законодательства Российской Федерации [3].

Библиографический список

1. Отчет об инженерно-экологических изысканиях «Полигон по захоронению промышленных отходов ПАО «Дорогобуж» ООО «Экоперспектива», 123 с.
2. Полигон по захоронению промышленных отходов ПАО «Дорогобуж», Оценка воздействия на окружающую среду, 164 с.
3. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕСС-ФИЛЬТРОВ НА СТАДИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Рогатин В.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: keilp1989@gmail.com*

В данной статье описана работа и система управления современных пресс-фильтров на примере фильтров Lagox PF, установленных в цехе обжига комбината «Печенганикель». Выделены основные задачи улучшения и оптимизации работы пресс-фильтров и предложен способ их решения путем составления регрессионных зависимостей для основных характеристик работы фильтров на основании экспериментальных данных.

Ключевые слова: пресс-фильтр, оптимизация, пульпа, фильтрация, сушка, обезвоживание, автоматизация.

Главной целью работы является экспериментальная проверка адекватности и адаптации обобщенной математической модели реальным условиям протекания процесса и отображение полученных закономерностей на программном уровне. В рамках исследования были проведены статистическая обработка экспериментальных данных по фильтруемости пульп различных концентратов на прессфильтрах Lagox PF для выявления множественных корреляций между характеристиками исходной пульпы (влагосодержание и плотность), параметрами процесса (длительность фильтрации, прессования и сушки, диафрагменное давление на стадиях фильтрации, промывки и сушки) и показателями обезвоживания (остаточное влагосодержание кека, производительность по сухому продукту, объем полученного фильтрата), служащими функциями отклика [1, 2].

В ходе модернизации и внедрения новой технологии получения файнштейна в печи Ванюкова в цехе обжига комбината «Печенганикель» происходит постепенная замена старых вакуумных дисковых фильтров на более современные пресс-фильтры компании «Lagox». Главными их достоинствами по сравнению с вакуум-фильтрами являются высокая эффективность обезвоживания пульпы, небольшая остаточная влажность кека, низкие энергозатраты, возможность автоматизации всего фильтрационного передела.

Автоматизированный пресс-фильтр с горизонтальными камерами Lagox PF – это фильтр периодического действия, работающий под давлением. В нем обеспечены более благоприятные условия для фильтрования, так как направления силы тяжести и движения фильтрата совпадают, что способствует оседанию частиц суспензии в гравитационном поле и, следовательно, образованию однородного, одинаковой толщины кека на всей филь-

традиционной поверхности всех камер, что улучшает показатели как диафрагменного прессования кека, так и его промывки и сушки воздухом.

Все пресс-фильтры Lагох РF имеют по четыре колонны, связывающие нижнюю раму основания с верхней рамой. Между рамами располагается пакет фильтровальных пластин с нижней и верхней пресс-плитами. Фильтровальные камеры образуются при закрытии и уплотнении пакета пластин между верхней и нижней фильтровальными плитами с помощью гидравлических цилиндров.

Фильтрация рудных концентратов как рабочий цикл состоит из четырех стадий: питание пульпой, диафрагменное прессование, сушка продувкой воздухом, выгрузка кека.

Пульпа с максимальным содержанием твердого подается питающим насосом под давлением 5-7 ат через распределительный трубопровод по резиновым шлангам одновременно во все фильтрационные камеры, образовавшиеся после закрытия и уплотнения пакета фильтрационных пластин. Кек начинает формироваться с момента появления фильтрата на выходе из камеры. Питание камер автоматически прекращается по команде управляющей программы при их максимальном заполнении образовавшимся влажным кеком.

Напорный воздух из компрессора под давлением до 16 ат одновременно автоматически заполняет наддиафрагменное пространство в каждой камере. Диафрагма растягивается и прижимает кек к поверхности фильтровальной ткани, что способствует удалению фильтрата из кека. Использование высокого давления при диафрагменном прессовании позволяет применять плотные фильтроткани, тем самым исключая возможность проскока твердой фазы в фильтрат.

Сушка осуществляется продувкой кека сжатым воздухом под давлением 6-10 ат. Сжатый воздух, поступающий по шлангам подачи пульпы из распределительного трубопровода, заполняет пространство над кеком, поднимая резиновую диафрагму. Одновременно, двигаясь с высокой скоростью и равномерно распределяясь по каналам и порам в массе кека, сжатый воздух вытесняет влагу, снижая остаточную влажность кека до минимума и освобождая ванну под решеткой от остатков фильтрата. Остаточная влажность кека может регулироваться как изменением давления сжатого воздуха, так и изменением продолжительности продувки.

Автоматическая разгрузка кека начинается после раскрытия пакета фильтровальных пластин. С помощью быстродействующих гидравлических цилиндров пластины переводятся в висячее положение с равными расстояниями между ними, что обеспечивает свободное перемещение фильтровальной ткани с кеком, который выводится, как на конвейерной ленте. Фильтроткань, переходя из камеры в камеру зигзагообразно, переворачивается, поэтому кек поочередно формируется на разных сторонах фильтроткани, а фильтрат обеспечивает автоматическую очистку ткани путем выноса мелко-

дисперсных частиц из ячеек ее обратной стороны через каждый цикл. Кроме того, фильтроткань подвергается тщательной двухсторонней промывке водой, подаваемой насосом под высоким давлением через специальные сопла при движении фильтроткани в период разгрузки пресс-фильтра. Перечисленные особенности очистки от тонкодисперсных частиц существенно повышают работоспособность фильтроткани и сохраняют технологические показатели процесса фильтрации постоянными в течение длительного времени.

Важнейшее значение при фильтрации под давлением имеет толщина слоя, образующегося на перегородке кека, поскольку она является основным фактором, от которого зависит гидравлическое сопротивление осадочного слоя, качество получаемого продукта и производительность фильтра. Как правило, рост толщины слоя кека приводит к увеличению удельной производительности установки, но одновременно и к повышению остаточного влагосодержания кека. Более толстый слой кека способствует сокращению амплитуды колебаний влагосодержания сухого продукта, получаемого в ходе следующих циклов. Напротив, стремление к стабилизации влагосодержания кека при растущей толщине осадочного слоя вызывает спад производительности. Зависимость этих двух параметров от толщины слоя кека в большинстве случаев носит нелинейный характер и индивидуальна для каждой суспензии.

При разделении пульпы на прессфильтрах на толщину слоя кека можно повлиять, меняя продолжительность стадии подачи пульпы, давление при диафрагменном прессовании и продолжительность стадии продувки. На современных прессфильтрах (Lagox PF) устанавливается система автоматического контроля толщины слоя кека, которая является лишь частью сложной автоматической системы управления, регулирования, контроля и статистической обработки данных комбинированного фильтрационного процесса.

Эта система самостоятельно осуществляет управление всеми операциями фильтра при помощи программируемого логического контроллера. Ее функциями являются также автоматическое отслеживание стабильности работы всех блоков и узлов фильтра, отображение всех возникающих неисправностей или отклонений от нормальной работы в реальном времени, ведение статистического журнала событий, который может использоваться для вывода пресс-фильтра на оптимальный режим работы и устранения неисправностей.

Практика эксплуатации пресс-фильтров Lagox PF, оснащенных современной АСУ, в цехе обжига комбината «Печенганикель» показывает, что при всех колебаниях свойств фильтруемой пульпы прессфильтры обеспечивают стабильные технологические показатели. Работая с цикличностью 15 минут, две установки Lagox PF, имеющие площадь фильтрации 96 м² каждая, достигают производительности 6570 т/ч по сухому продукту при влажности получаемого кека 9,5-10,5 %. Для поиска возможных направлений повышения эффективности автоматических пресс-фильтров с горизонтальными ка-

мерами при обезвоживании металлургических пульп, в том числе и медно-никелевой пульпы комбината «Печенганикель», на базе кафедры печей, контроля и автоматизации металлургического производства и кафедры обогащения полезных ископаемых Санкт-Петербургского горного института была создана инициативная группа, занимающаяся вопросами интенсификации, совершенствования математического описания и аппаратного оформления многостадийных фильтрационных процессов. Статистическая обработка позволила выявить значимые факторы и синтезировать регрессионные зависимости, описывающие комбинированный процесс обезвоживания пульпы на пресс-фильтре. Было установлено, что экспериментальные результаты фильтрации под давлением могут быть аппроксимированы регрессионными зависимостями вида:

$$\left. \begin{matrix} W_k \\ V_{\phi} \end{matrix} \right\} e^{a_0} \rho_{\text{п}}^{a_1} (T_{\phi} P_{\phi})^{a_2} (T_{\text{пр}} P_{\text{пр}})^{a_3} (T_{\text{с}} P_{\text{с}})^{a_4} \Pi^{a_5},$$

где W_k – остаточное влагосодержание кека, % по массе;

V_{ϕ} – объем собранного фильтрата, м³;

$\rho_{\text{п}}$ – плотность пульпы, кг/м³;

T_{ϕ} , и $T_{\text{с}}$ – длительность фильтрации, прессования и сушки соответственно, мин;

P_{ϕ} , и $P_{\text{с}}$ – давление фильтрации, воды прессования и воздуха при сушке соответственно, бар ($1 \cdot 10^5$ Па);

Π – производительность, кг/(м²·ч).

На основе экспериментальных данных были получены значения коэффициентов регрессионных зависимостей для медноникелевого флотационного концентрата комбината «Печенганикель», значения которых представлены в приведенной ниже таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты регрессионных зависимостей

Коэффициент	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
W_k	505	-63,8	-1,39	-1,45	-0,48	-2,07
V_{ϕ}	76,6	-9,94	0,0092	-0,36	0,182	-0,019

На основе полученных регрессионных зависимостей можно производить расчет оптимальных параметров работы пресс-фильтра из расчета минимальной остаточной влажности кека, а также проанализировать влияние продолжительности и диафрагменного давления на стадиях фильтрации и прессования на эффективность последующего процесса сушки и оценить долю, удаляемой из кека на каждой стадии.

Библиографический список

1. Фильтрование технологических пульп / И.Н.Белоглазов, В.О.Голубев, О.Н.Тихонов, Ю.Куукка, Э.Яскеляйнен. Москва: Руда и металлы, 2003. – 370 с.
2. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.outotec.ru>.

УДК 658.567.1:678.065

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ГОРНОГО АЛТАЯ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ОЦЕНКИ

Рогатин В.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: keilp1989@gmail.com*

В данной статье обозначены основные проблемы использования водных ресурсов в РФ, а также дана их экономическая оценка по разным показателям.

Ключевые слова: вода, океаны, водные ресурсы, питьевая вода, рынок, природные ресурсы, Республика Алтай.

В условиях рынка вода рассматривается как товар. На полное восстановление запасов гидросферы уходит 2800 лет. При сравнении этого периода со сроком жизни человека становится очевидным, что в пределах существования нескольких поколений вода – исчерпываемый природный ресурс. Регулировать потребление воды может научно определяемая цена, которая в большинстве стран контролируется государством. Такой контроль обусловлен стратегической важностью данного ресурса и, как правило, отсутствием рынка воды. Определение платы за воду различными категориями потребителей является актуальной задачей для экономистов всех стран. При этом становится важным проведение классификации водных ресурсов как по их географическим признакам, так и по качественному составу [1].

Водные ресурсы РФ составляют около 4454 км³ [2]. Очевидно, что запасы наиболее ценных для человека пресных вод находятся в руслах рек, озерах и неглубоко залегают в подземных водоносных горизонтах (500 м). Воды в ледниках, морях и океанах считаются ресурсами будущего. С точки зрения использования воды в материальном производстве понятие «водные ресурсы» нельзя отождествлять с общими запасами воды на Земле. Водные ресурсы – это та часть ее запасов, которая технически доступна и экономически целесообразна для удовлетворения потребностей общества. Рассматривая разные регионы страны в аспекте природных богатств, прежде всего, обращается внимание на наличие водных ресурсов. Горный Алтай, водные

ресурсы которого изучаются автором этой статьи, обладает значительными гидроресурсами. Гидрографическая сеть, насчитывает более 20 тысяч водотоков протяженностью более 60 тыс. км и около 7 тысяч озер общей площадью более 700 кв.км. Наиболее крупные реки – Катунь и Бия, которые, сливаясь, образуют реку Обь – одну из самых крупных рек Сибири. Самое большое озеро Телецкое с площадью водного зеркала – 230,8 кв. км и максимальной глубиной - 325 метров. Огромные запасы пресной воды высокого качества заключены в горных озерах Алтая. Только в Телецком озере более 40 куб. км чистой воды. Потенциальные запасы подземных вод республики оцениваются в 22 000 тыс. куб. м в сутки, современное использование составляет около 44 тыс. куб. метров в сутки. В горах Алтая известны источники минеральных вод, которые являются целебными. Ледники Алтая содержат в себе огромные запасы пресной воды. Общий объем льда учтенных ледников Алтая достигает 57 куб. км, что соответствует 52 куб. км воды. В целом запас воды в ледниках превосходит среднегодовой многолетний сток алтайских рек, равный 43 куб. км в год. Самые большие ледники: Большой Талдурицкий – 35 кв. км, Менсу – 21 кв. км, Софийский – 17 кв. км, Большой Маашей – 16 кв. км [3]. Несмотря на колоссальные запасы водных ресурсов, нерациональная организация снабжения населения питьевой водой обуславливает необходимость комплексного решения проблемы водоснабжения республики, то есть изыскать решения по более эффективному использованию природных вод.

Экономическая ценность природных ресурсов и ее определение базируется на следующих подходах [4]:

- рыночной оценке;
- ренте;
- затратном подходе;
- альтернативной стоимости;
- общей экономической ценности.

Рыночная оценка природных ресурсов, в том числе водных, позволяет регулировать их использование, однако часто бывает заниженной, так как не учитывает многих факторов, в том числе экологических, что связано с недоучетом экстернальных издержек и социальных затрат. Традиционный рынок позволяет, как правило, оценить только одну функцию окружающей среды – ресурсно-сырьевую. Только в последние годы появились попытки произвести экономические оценки двух других важнейших функций освоения ресурсов – ассимиляционной и рекреационной. Для рентного подхода важен, прежде всего, факт лимитированности и уникальности ресурсов. Вода, как и другие факторы производства, участвует в создании продукта, величина которого зависит, в том числе, и от естественных свойств водоема. При наилучшем из возможных способов использования гидроресурсов приносит ренту. При этом возникает задача максимизации экономических показателей от эксплуатации водного объекта. Таким объектом, может быть замкнутый

водоем, участок реки, артезианская скважина и т. п. сами по себе или в совокупности с имущественными фондами, обеспечивающими процесс их эксплуатации (гидротехнические сооружения и пр.). Тот, кто владеет фондами, обеспечивающими доступ к водоему, может оказывать существенное влияние на процесс образования и распределения рентных доходов. Возрастающая потребность в воде вызывает необходимость хозяйственного освоения ее новых источников, различающихся по эксплуатационным свойствам (качество воды, удаленность от потребителя и т. п.), что создает объективные условия для образования дифференциальной ренты I. Нарастание дополнительных затрат материальных и трудовых ресурсов на улучшение качественного состояния водного объекта, снижение потерь воды и т. п. способствуют возникновению дифференциальной ренты II.

В работе А.А. Голуб и Е.Б. Струковой [5] предлагается следующая обобщенная модель максимизации доходов предприятий-водопользователей:

$$\sum_{i=1}^n u_i C_i V_i^\epsilon \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n C_i + N_i + F_i \tilde{V}_i + \varphi_i M_i \leq L; \quad (2)$$

$$V_i^\epsilon \leq \tilde{V}_i - M_i, i = 1, \dots, n; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n V_j^\epsilon \leq \sum_{j=1}^i V_j^0 + \Delta V_j N_j, i = 1, \dots, n; \quad (4)$$

$$C_i \geq 0, N_i \geq 0, V_i^\epsilon \geq 0, M_i \geq 0. \quad (5)$$

Здесь u_i, C_i, V_i^ϵ , – доходы предприятий-водопользователей, получающих воду из водохозяйственной системы участка i ; C_i – затраты предприятия; V_i^ϵ – объем конечного потребления воды; V_i – объем воды, забираемой из водохозяйственной системы i ; M_i – потери воды при ее подаче потребителю; N_i – затраты по переводу дополнительных ресурсов из категории потенциальных в категорию используемых (т. е. издержки по увеличению приходной части водохозяйственного баланса); $\Delta V_j(N_i)$ – прирост используемых водных ресурсов источника i (на водохозяйственном участке i) при затратах N_i ; $F_i(\tilde{V}_i)$ – затраты по забору, подготовке, подаче и отведению воды; $\varphi_i M_i$ – затраты по сокращению потерь воды или эксплуатации источника i до уровня M_i ; V_i^0 – объем располагаемых водных ресурсов (естественная продуктивность) источника i . Критерий (1) означает, что выбирается такая стратегия водопотребления, при которой достигается наибольший эффект от использования водных ресурсов, относящихся к рассматриваемой системе взаимосвязанных источников (в практике они называются водохозяйственными участками). При этом неважно, что именно представляют собой источники. Главное, что между ними существует взаимосвязь, и все они связаны после-

довательно. Ресурсы, не использовавшиеся полностью на участке i , автоматически становятся дополнительными ресурсами на участке $i+1$. Это свойство формализовано при помощи неравенства (4). В основе рентной оценки подземной воды наряду с эффектом, приносимым водными ресурсами данного региона, лежит еще и экономия затрат по ее доставке потребителю (так, скважину можно пробурить достаточно близко к потребителю). Если же централизованная система водоснабжения отсутствует или оцениваемый источник находится вне сферы ее обслуживания, то 1 м^3 подземной воды оценивается по предельному эффекту у потребителя, определяемому экономией затрат по удовлетворению потребности из поверхностных источников.

Рассматриваемая модель дает возможность определить предельные затраты на воду и провести рентную оценку водных ресурсов для всех участков, а также установить принципы водохозяйственного районирования, т. е. принципы выделения независимых друг от друга в экономическом отношении участков водной системы. Таким образом, в ней сочетаются рентный и затратный подходы к оценке природных ресурсов. Затратный подход определяет цену ресурса как сумму затрат на его подготовку и использование. Этот подход широко используется для оценки стоимости воссоздания природного блага при его утрате или деградации.

Концепция альтернативной стоимости является одной из основополагающих в экономической теории. В экономике природопользования альтернативные стоимости позволяют оценить природный объект, ресурс, имеющие заниженную рыночную цену или вообще не имеющие ее, через упущенные доходы и выгоды, которые можно было бы получить при использовании данного объекта или ресурса в других целях. Например, альтернативные стоимости охраняемых природных территорий – это выгоды, теряемые индивидуумами или обществом из-за консервации территорий, которые могли бы использоваться в народнохозяйственных целях. Для некоторых районов и объектов возможен противоположный вариант. Например, оценка озера Байкал как уникального природного объекта позволяет сделать вывод, что использование его в туристических целях приносило бы больший доход, чем тот, что дает находящийся на его берегу целлюлозно-бумажный комбинат. С другой стороны, оценки гидроресурсов Республики Алтай способствовали бы получению выгоды от возведения оздоровительных центров и развития туризма.

Концепция альтернативной стоимости в определенной степени связана с затратной концепцией. Чем меньше альтернативная стоимость природного блага, тем меньше нужно затрат для компенсации экономических потерь от сохранения этого блага. Этот подход используется на практике для измерения «стоимости сохранения».

Перспективной с точки зрения комплексности подхода к оценке природы и попытке учесть не только ее прямые ресурсные функции, но и ассимиляционные функции, природные услуги, является концепция общей экономической ценности. Величина общей экономической ценности является

суммой четырех показателей: прямой стоимости использования, косвенной стоимости использования, возможной стоимости и стоимости существования.

Достаточно просто, на основе рентного и рыночного подходов, определить прямую стоимость использования. Более сложно определение косвенной стоимости использования. Этот показатель часто применяется в глобальном масштабе или в довольно широком региональном аспекте. Это объясняется возможным несопадением глобальных и локальных выгод. То, что невыгодно для отдельного региона, страны, может оказаться жизненно важным для других стран, всей планеты. Эта ситуация типична для многих развивающихся стран.

Показатель косвенной стоимости использования включает социально-экономические и экологические выгоды для большего территориального охвата. Показатель возможной стоимости связан с консервацией природного ресурса для возможного использования в будущем. В этом случае возможная стоимость представляет собой скорректированную сумму прямой и косвенной стоимости использования.

Стоимость неиспользования базируется на стоимости существования, которая является экономической оценкой этических и эстетических аспектов: ценности природы самой по себе, эстетической ценности природы для человека, консервации объектов для будущих поколений, ценности наследия и т. д. Это выгоды индивидуума или общества, получаемые только от знания, что товары или услуги существуют. Стоимость существования может быть важной причиной для охраны дикой природы. При оценке этой стоимости используются упрощенные экономические подходы, которые, прежде всего, связаны с теорией «готовности платить».

Применение всех указанных методов к оценке водных ресурсов Республики Алтай позволит осуществлять их оптимальное распределение и потребление.

Библиографический список

1. Апатова, Н.В. Водные ресурсы и методы их оценки [Электронный ресурс] / Н.В. Апатова, Л.Н. Акинкина. – Режим доступа: <http://www.nbuv.gov.ua>.
2. Государственный доклад за 1998 год. Ч. I, разд. 2. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.wdcb.ru>.
3. Петрова, Л.Н. Фиторекреационный потенциал лесов Республики Алтай методология и методы социально-экономической оценки [Текст] / Л.Н. Петрова, Г.Г. Шалмина. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 147 с.
4. Гирусов, Э.В. Экология и экономика природопользования [Текст] / Э.В. Гирусов и др. – Москва : Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
5. Голуб, А.А. Экономические методы управления природопользованием [Текст] / А.А. Голуб, Е.Б. Струкова. – Москва : Наука, 1993. – 136 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК

Ткач С.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: tkac_serega@mail.ru*

Проанализирована проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий, что имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Представлен обзор способов и технологий утилизации автомобильных шин в мире и направления использования отходов в виде дисперсных материалов.

Ключевые слова: автомобильные покрышки, аспекты проблемы утилизации изношенных шин, технологии переработки изношенных шин, несанкционированные свалки.

В настоящее время в мире применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации отходов резины и изношенных автомобильных шин. По данным Европейской Ассоциации по вторичной переработке шин (ETRA) в Европе ежегодно образуется свыше 2 млн т амортизованных автомобильных шин, а объемы их переработки методом измельчения не превышают 10 %. Большая часть собираемых шин (20 %) используется как топливо. В России состояние вопроса еще острее. Так по данным научно-исследовательского института шинной промышленности в России ежегодно выходит из эксплуатации около 1 млн т шин и только в Москве каждый год образуется до 60 тыс. т изношенных шин. Из этого объема 10–12 тыс. т перерабатывается Чеховским регенераторным заводом (г. Чехов), а остальное количество оказывается на несанкционированных свалках, в оврагах и пригородных лесах, отягощая и без того тяжелую экологическую обстановку городов Московского региона. Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды: шины не подвергаются биологическому разложению; они огнеопасны и в случае возгорания погасить их достаточно трудно, а при горении в воздух выбрасываются вредные продукты сгорания и в том числе канцерогены; при складировании они служат идеальным местом для размножения грызунов и кровососущих насекомых, переносчиков инфекционных заболеваний. Вместе с тем амортизованные автошины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл и текстильный корд. Эти материалы в процессе эксплуатации в основном не меняют первоначальные свойства. Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. А невосполнимость природного нефтяного сырья дик-

тует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью.

В развитых странах в настоящее время предпринимаются попытки создать технологии по переработке изношенных шин, которые позволили бы повторно использовать резину в различных товарах и материалах. По данным журнала «EUROPEANRABBER» (ноябрь 1995 г.) комиссия ЕС подготовила рекомендации для государств членов ЕС о добровольных инициативах по использованию изношенных шин. Целью этих инициатив к 2000 г. является:

- уменьшение количества амортизованных шин на 10 % за счет улучшения качества новых;
- увеличение количества шин с восстановленным протектором с 20 до 30 %;
- увеличение уровня вторичной переработки с 30 до 65 %;
- снижение уровня захоронения с 50 до 0 %.

В настоящее время в мире применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации отходов резины и изношенных автомобильных шин. Эти технологии предполагают использование целых шин для различных целей, применение шин и резиновых отходов для получения энергии (сжигание, использование в цементной промышленности), измельчение шин и отходов резины с целью получения резиновой крошки и порошка, получение на основе отходов резины и старых шин регенерата.

Изношенные шины применяются для устройства искусственных рифов, служащих местом обитания рыб и устриц. Фирмой «Гудьир» в 1970 г. у берегов Австралии был создан искусственный риф из 15 тыс. шин. Рифы созданы у берегов Флориды (215 тыс. шин); Новой Зеландии, Ямайки, Греции, Японии и др. Загрязнение морской воды при этом не происходит. Около 200 искусственных нерестилищ из изношенных шин создано в Германии.

Старые шины используют для защиты склонов от эрозии. Для этого склоны покрывают шинами, засыпают землей и засевают травой.

Согласно разработке фирмы «Органик» (Германия) при создании звукоизолирующих ограждений вдоль автострад у шин удаляют одну боковину, после чего их соединяют и заполняют землей. В результате образуется наклонный спуск, который можно озеленить. Такая конструкция не отражает звук и требует 5 тыс. шин на 100 м погонной длины барьера. Одновременно конструкция служит барьером безопасности.

Наиболее привлекательным методом переработки изношенных шин является их дробление (измельчение), поскольку он позволяет максимально сохранить физические свойства резины в продуктах переработки. Методы измельчения принято разделять на измельчение при положительных температурах и криогенное измельчение.

В США в 1990 г. было произведено значительное количество резиновой крошки методом дробления изношенных шин: при положительных тем-

пературах 80 - 90 млн. фунтов, криогенным методом – 30 - 35 млн. фунтов.

Первая установка по получению резиновой крошки криогенным методом в США начала функционировать в компании «Мидвест Эластомерикс» в штате Огайо в 1979 г.

В Великобритании фирмой «Мирэн Инвестмент корпорейшн» должны быть построены 3 завода по измельчению шин, на которых будет перерабатываться 12 млн. шт. ежегодно. Заводы будут снабжаться сырьем через пункты сбора и сортировки шин. Японской компанией «Осана газ энджиниринг» в 1977 г. был разработан криогенный способ дробления шин. Недостатком способа явились большие эксплуатационные расходы на жидкий азот. Эксплуатационные расходы при дроблении при положительных температурах невелики, но стоимость оборудования выше, чем при использовании низкотемпературного дробления. В связи с этим фирма позднее разработала комбинированный способ: грубое дробление при положительных температурах, а последующее измельчение в порошок при низких температурах и построила соответствующую компактную и полностью автоматизированную установку с годовой производительностью 7000 т.

В Японии производят резиновую крошку из шин (при обычных и низких температурах). Качество крошки регламентируется стандартом Японского научного общества (5ГШ8), в соответствии с которым определяются фракционный состав, плотность, содержание золы, а их величины зависят от требований потребителей.

В бывшем СССР было разработано и внедрено несколько технологий и технологических линий измельчения изношенных шин только с текстильным кордом. До 1990 г. функционировало более 10 заводов по производству регенерата из амортизованных шин, при этом каждый завод имел в своем составе линию измельчения. Для переработки шин использовали технологию измельчения при положительных температурах на валковом и мельничном оборудовании.

В Кузбассе существует достаточно много заводов, где можно использовать отработанные покрышки. Это такие заводы, как ферросплавный, Юргинский машиностроительный завод, завод «ТехноНИКОЛЬ-Сибирь», асфальтный завод и многие другие. Но, к сожалению, эта технология применяется на единичных предприятиях.

Например, на Новокузнецком металлургическом комбинате (ОАО «НКМК») специалистами внедрена и успешно применяется прошедшая экологическую экспертизу технология утилизации использованных автомобильных покрышек в кислородных конвертерах.

Отработанные автопокрышки от легковых и грузовых автомобилей, способны заменить уголь, который традиционно используется при производстве стали. К такому выводу некоторое время назад пришли на Западно-сибирском металлургическом комбинате. Как сообщил Новокузнецкий телеканал, здесь провели ряд экспериментов, в частности, чтобы предотвратить

опасность взрывов при производстве, так как покрышки содержат большое количество водорода. В итоге оказалось, что автомобильные шины – превосходное топливо для предварительного подогрева металлолома.

Тонна угля в среднем стоит 800 рублей, а отработанные покрышки никаких дополнительных затрат не требуют. Автотранспорт комбината регулярно может поставлять довольно внушительное количество отслужившей авторезины. К тому же есть немало предприятий, которые желают утилизировать шины.

Библиографический список

1. Леонов В.Е., Сиворина А.Г. Утилизация автомобильных шин / В.Е. Леонов, А.Г. Сиворина // Безопасность жизнедеятельности. – 2002. – № 21. – С. 30.
2. Ресурсы материальные вторичные. Термины и определения. Введ. 1985-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1985. ГОСТ 8407. – С. 6.
3. Г. И. Павлов, А. В. Кочергин, О. Р. Ситников, А. И. Галимова, Р. Ф. Шакуров, К. А. Кочергина, С. Ю. Гармонов / Переработка изношенных шин и резинотехнических изделий в инертную крошку при использовании установок пульсирующего горения // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №19. – С. 174-179.
4. Никольский В.Г. Автомобильные шины / В.Г. Никольский // Вторичные ресурсы. – 2002. – №6. – С. 48.
5. Одинокова И.В. Аспекты утилизации автомобильных шин / И.В. Одинокова // Автотранспортное предприятие. – 2004. – №11. – С. 48.

УДК 669.1 : 658.567.1

ИЗМЕНЕНИЕ СХЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Тодорова Е.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: Todorova-86@mail.ru*

Рассмотрен вариант изменения действующей схемы складирования отходов металлургического производства на шламохранилище, расположенного на территории АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Вариантом изменения схемы складирования промышленных отходов может быть переход УОЦ КАДС от накопления отходов в шламохранилище к обезвоживанию шламодержащей пульпы и складирования обезвоженного шлама на полигон отходов.

Ключевые слова: шлам, полигон, шлаковый отвал, шламохранилище,

пульпа, обезвоживание, гидротранспорт, отстойник.

На современном этапе развития общества остро встал вопрос обращения с отходами производства. Утилизация и хранение отходов в стране, является одним из главных аспектов современной гигиены промышленного сегмента. Актуальность данной проблемы подкреплена законодательной базой не только в России, но и многих других развитых странах мира. Так в России основополагающие принципы обращения с отходами отображены в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления» от 24.06.98 г. №89-ФЗ [1], где основные обязанности возложены на Министерство охраны природных ресурсов. При этом в действующем Федеральном законе «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.12.01 г. № 196-ФЗ [2] функции контроля за соблюдением санитарно-гигиенических требований к состоянию окружающей среды, в том числе качеству почвы и организации отходов, возложены на территориальные органы Госсанэпиднадзора, Министерства здравоохранения и защиты прав потребителей РФ. Научными институтами разрабатываются проекты по утилизации и хранению отходов производства, отвечающие современным требованиям экологической и техногенной безопасности.

Распространённым способом хранения отходов металлургических предприятий является шламохранилище, которое представляет собой комплекс гидротехнических сооружений (ГТС), предназначенных для складирования или захоронения радиоактивных, токсичных и других жидких производственных отходов. В основном шламохранилища отгораживаются плотинной, возводимой насыпным способом и намываются из промышленных отходов в виде пульпы, шламовой воды и песка. Шлаковые отвалы занимают большие площади. Длительная эксплуатация шламохранилища приводит к износу конструкции ГТС, что в итоге способствует возникновению чрезвычайной ситуации [3].

Цель данной статьи – рассмотреть один из вариантов изменения действующей схемы складирования отходов металлургического производства на шламохранилище, расположенного на территории АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Речь идёт об изменении системы складирования и действующей системы гидротранспорта, переходя от накопления отходов в шламохранилище к обезвоживанию шламодержащей пульпы и разделению ее на сухую часть и жидкую составляющую, которую предлагается возвращать в оборотный цикл комбината. Сухую составляющую шлама реализовывать как на самом комбинате, так и на внутренний и внешний рынок. Большое содержание железосодержащих соединений позволит в значительной степени сократить затраты на производство основного сырья комбината, а осветленная вода, полученная в результате обезвоживания, так же сократит потребление водных ресурсов от сторонних поставщиков [4].

Обезвоживание будет происходить путем автоматизированной работы

установки обезвоживания. Принцип работы заключается в следующем: шлам подается в емкость флокулятор, где происходит смешивание с химическим реагентом флокулянт. Далее самотеком пульпа переходит в два бака-сгустителя. После сгущения происходит осаждение твердых взвешенных частиц из пульпы. Осветленная вода, после сгустителей, подается на магнитоводные сепараторы, для более тщательной доочистки воды и после этого возвращается в оборотный цикл. Отделенная твердая часть подается на ряд вакуум-фильтров, где происходит первая стадия сушки и удаления оставшейся влаги до 35 - 45%. После вакуум-фильтров, горизонтальным шнеком материал подается в сушильный барабан. В сушильном барабане, с помощью газовой горелки, происходит нагрев до температуры 200 - 270°C. На выходе из сушильного барабана получаем сухой продукт мелкой фракции влажностью 9 - 12%. Производительность данной установки предположительно составит 10 тонн в час или 60 000 тонн готового сухого продукта в год.

Для складирования обезвоженного шлама предполагается полигон отходов. Для отвода поверхностного стока необходима разработка нагорных канав и мероприятий по пылеподавлению. Полигон обезвоженных отходов должен отвечать требованиям охраны природы, нормативным документам СНиП 2.01.28-85 [5] и размещаться непосредственно на территории АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Главная цель данного объекта заключается во временном складировании сухого шлама после обезвоживания, перед поставкой конечному потребителю. Складирование осуществляется путем отсыпки готового продукта от установок обезвоживания, с помощью подъездных путей грузовым автотранспортом.

В дальнейшем конечный продукт экспортируется в страны ближнего и дальнего зарубежья, а также на внутренний рынок для производства цемента и прочих строительных материалов.

Основными сооружениями шламового хозяйства АО «ЕВРАЗ ЗСМК» являются:

- шламохранилище комбината, предназначенное для складирования твердой фазы пульп, шламовых и сточных вод;
- система пульпонасосных станций (ПНС-1, ПНС-2, ПНС-3, ПНС-4), предназначенная для гидротранспорта хвостов углеобогащения УОЦ КАДС и ЦОФ «Кузнецкая»;
- багерная насосная станция (БНС) цеха водоснабжения и водоотведения (ЦВСиВО), предназначенная для отвода золошлаковой пульпы системы гидрозолоудаления ПВС (ГЗУ ПВС), шламовых вод оборотных циклов водоснабжения газоочисток доменных печей, ККЦ-1, 2, сточных вод литейного цеха и водоподготовительной установки (ВПУ) ПВС с разрывом струи (в объединенной насосной станции) в шламохранилище;
- объединённая насосная станция (ОНС), предназначенная для подачи осветленной воды шламохранилища потребителям и для отвода в шламохра-

нилище пульпы, поступающей от БНС ЦВСиВО и сточной воды, поступающей от цеха изложниц.

Шламовый отстойник комбината представляет собой гидротехническое сооружение, состоящее из прудов первичного и вторичного отстаивания. Шламоохранилище равнинного типа занимает площадь 276 га, с длиной дамб по периметру 6363 м, эксплуатируется с 1964 г. По всему периметру шлакового отвала и пруда вторичного отстаивания устроена дренажная канава. В теле дамбы предусмотрен и выполнен внутренний пластовый дренаж из щебня доменного шлака с выходами в дренажную канаву.

Предполагаемый полигон складирования сухого шлама будет находиться севернее шламоохранилища. По периметру площадки проектируется нагорная канава, для отвода паводковых и дождевых поступлений воды. Складирование сухого шлама будет производиться насыпным методом при помощи автотранспорта. Объем полигона должен быть достаточным для складирования обезвоженного шлама в течении срока, заданного проектом, отвечающего «Критериям безопасности ГТС» и утверждённого Ростехнадзором.

Целесообразность проектирования и строительства полигона, в первую очередь, обусловлена выводом из работы действующей системы гидротранспорта.

Данный вариант изменения схемы складирования отходов АО «ЕВРАЗ ЗСМК» позволит предотвратить чрезвычайные ситуации, связанные с длительной эксплуатацией шламоохранилища. Исследования в данном направлении позволят реализовать следующий шаг по рекультивации шлакового отвала.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [Электронный источник] / http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172169/72fb399402b686dba899ff4c3c58bf807bbec020/.
2. Федеральный закон от 30 декабря 2001 г. № 196-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [Электронный источник] / <http://ivo.garant.ru/#/document/12125259/paragraph/12425:0>.
3. Соболев С. В. Безопасность гидротехнических объектов: учеб. пособие / С. В. Соболев, А. В. Февралев ; Нижегород. гос. архитектур. – строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 204 с; прилож. ISBN 978-5-528-00334-4.
4. Рекомендации по проектированию сооружений шламоохранилищ металлургической промышленности / Под ред. М. А. Шершукова – М. : Стройиздат, 1971. – 113 с.
5. Основные положения по проектированию: Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов: СНиП 2.01.28-85. - М.: Госстрой СССР, ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 16 с.

СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В БЫТУ

Фролова Т.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Зырянова С.А.

*Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет,
г. Омск, e-mail: proekt4774@mail.ru*

Проанализирована актуальность внедрения энергосберегающих технологий в современных условиях. Представлены условия необходимые для результативного внедрения энергосберегающих технологий в быту. Представлен пример расчета экономического эффекта эксплуатации светодиодных ламп в быту.

Ключевые слова: энергоэффективность, светодиодное освещение, внедрение энергосберегающих технологий.

В данный момент в Российской Федерации проблема сбережения электроэнергии рассматривается не только как бытовая проблема, но и как глобальная задача повышения энергоэффективности в деятельности крупных предприятий и организаций.

Одним из способов достижения энергоэффективности при использовании электроресурсов в современном обществе является применение светодиодного освещения. Светодиод или светоизлучающий диод (LED англ. Light-emitting diode) – полупроводниковый прибор, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока [9]. Светодиодное освещение представляет собой одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источника света [2, 3, 7].

По мнению ряда исследователей (Алфёров, Ж.И., Шуберт, Ф.Е., Берг, А., Дин, П., Фомин, А.Г.), светодиодные лампы представляют собой с точки зрения эволюции развития источников света, наиболее современный и энергоэффективный тип лампы [1, 11]. Название данного типа ламп говорит о том, что в качестве источника света используются светодиоды. Однако, с технической точки зрения, конструкция светодиодной лампы несколько сложнее и дороже обычной, более привычной для граждан, лампы накаливания. Вследствие усложненного устройства светодиодной лампы появляется большая рыночная стоимость готового изделия. Тем не менее, более высокая стоимость светодиодной лампы многократно окупается при дальнейшей эксплуатации [4, 5].

С целью детального анализа потребительских свойств светодиодных ламп, проведено сравнение с наиболее распространенными до сих пор в быту традиционными лампами накаливания. Одним из показателей, отражающим эффективность использования электроэнергии является нагрев изделия.

То есть, чем сильнее греется лампа, тем больше средств тратит потребитель на излишний нагрев помещения при том, что настоящее назначение лампы - это освещение. Лампа накаливания тратит на освещение всего 20 % потребляемой мощности, а 80 % мощности на нагрев помещения. При использовании же светодиодной лампы целых 95-98 % мощности тратится на свет и всего лишь от 2 до 5 % на нагрев и другие менее значимые транзитные потери.

Прочность конструкции лампы накаливания является очень низкой, так как колба, в которой находится нить накаливания сделана из очень хрупкого стекла. Светодиодные лампы намного прочнее и практически не боятся падений с небольшой высоты, что обусловлено применением в процессе изготовления относительно ударопрочного материала колбы из пластика или поликарбоната.

Потребляемая электрическая мощность ламп накаливания и светодиодных ламп при одинаковом уровне освещенности (светоотдаче) различается в разы. В процессе эксплуатации за одинаковый промежуток времени свечения светодиодная лампа израсходует энергии в 7,5 раз меньше чем лампа накаливания, что непосредственно отражается в счетах за электричество.

Срок службы ламп накаливания и светодиодных ламп также значительно отличается. Светодиодная лампа служит в 30-50 раз дольше (30000-50000 часов), чем обычная лампа накаливания (1000 часов). Во временной перспективе светодиодные лампы могут прослужить около 30 лет, в то время как средний срок службы лампы накаливания составляет 1 год.

Отдельно отметим такое свойство светодиодных ламп как простоту установки и замены, так как в ходе технических работ лампы можно трогать руками при установке, не опасаясь их дальнейшего выхода из строя вследствие чувствительности к жировым загрязнениям. Обычные лампы накаливания нежелательно трогать руками за стеклянную колбу, так как они очень чувствительны к жировым загрязнениям. Из-за сильного нагрева стеклянной колбы любые загрязнения поверхности (отпечатки пальцев) моментально сгорают в процессе работы, оставляя черные следы, что в итоге приводит к локальным повышениям температуры колбы и становится причиной её разрушения.

Кроме экономических плюсов, светодиодная лампа является еще одним из наиболее экологичных источников света, поскольку принцип светодиодного свечения позволяет изготавливать их с использованием безопасных для экологии составляющих. Экологическая чистота любого технического изделия является, несомненно, важной составляющей в современном мире и приобретает все большее значение также и в нашей стране. Обычные лампы накаливания с точки зрения своих составных частей достаточно экологически чисты, но если оценить объем их энергопотребления, который тратится впустую на излишний нагрев помещения, то использование их в глобальном смысле весьма экологически вредно. При этом, например, люминесцентные лампы экологически вредны сразу по нескольким причинам: они обладают «плохим» световым спектром, вредным для человека и содержат пары ртути

в конструкции, что в случае разрушения лампы может нанести вред человеку, а также означает повышенные требования к утилизации, что не всегда делается в нашей стране надлежащим образом. В светодиодной лампе отсутствуют недостатки, ни с точки зрения вреда экологии, ни с точки зрения вреда человеку, который пользуется ими в быту.

Таким образом, рассмотрев в сравнении различные параметры лампы накаливания и лампы светодиодной, приходим к закономерному выводу, что использование светодиодных ламп намного удобнее и перспективнее в современных условиях. Однако важным параметром сравнения является также стоимость, и именно в данном случае лампам накаливания уступают светодиодные: лампа накаливания мощностью 95 Вт стоит от 15 до 33 рублей, в зависимости от производителя, а аналогичная светодиодная лампа 10 Вт стоит от 82 до 350 рублей. Следовательно, необходимо выяснить, окупится ли замена ламп накаливания на светодиодные лампы, будет ли ощутимый экономический эффект при применении в быту с учетом изначально более высокой стоимости светодиодных ламп.

Разработку актуального проекта необходимо осуществлять на конкретных примерах [6, 10].

В качестве примера была рассмотрена и проанализирована с точки зрения эксплуатации светодиодных ламп стандартная двухкомнатная квартира, в которой проживает четыре лица различного возраста (двое работающих взрослых, двое детей школьного возраста).

В квартире постоянно эксплуатируются 8 электрических ламп накаливания мощностью 95 Вт, среднее время работы ламп в квартире составляет семь часов в сутки.

В течение года лампы в данной квартире эксплуатируются $7 \times 365 = 2555$ часов в год.

За год энергозатраты в данной квартире на освещение составляют $2555 \times 95 \text{ Вт} = 242,7 \text{ кВт.т часов}$ в год за эксплуатацию одной лампочки. Далее рассчитаем стоимость затрат на оплату освещения в квартире:

$$242,7 \text{ кВт.т часов} \times 8 \text{ ламп} = 1941,6 \text{ кВт.т часов в год.}$$

В настоящее время тариф на электроэнергию в данном доме составляет 3.68 руб за 1 кВт.ч.:

$1941,6 \text{ кВт.т часов в год} \times 3.68 \text{ руб} = 7145,1 \text{ руб}$ будет затрачено на освещение двухкомнатной квартиры за год.

Далее рассчитаем сколько будет стоить освещение данной квартиры в течении года, если все лампы накаливания заменить на светодиодные лампы:

$2555 \text{ часов в год} \times 10 \text{ Вт} = 25,5 \text{ кВт.т часов в год}$ за эксплуатацию одной лампочки.

Далее рассчитаем стоимость затрат на оплату освещения в квартире:

$$25,5 \text{ кВт.т часов} \times 8 \text{ ламп} = 204 \text{ кВт.т часов в год.}$$

$204 \text{ кВт.т часов в год} \times 3.68 \text{ руб} = 750,7 \text{ руб}$ будет затрачено на освещение двухкомнатной квартиры за год, при условии полной замены всех

ламп накаливания на светодиодные лампы.

При этом необходимо учесть затраты, которые мы произведем на полную замену всех ламп. Возьмем усредненную рыночную цену – 90 рублей за одну светодиодную лампу:

90 руб. x 8 ламп = 720 рублей будет потрачено на полную замену всех ламп в квартире.

Далее рассчитаем экономический эффект от применения светодиодных ламп для освещения квартиры, по сравнению с использованием ламп накаливания.

Экономия на освещении в исследуемой квартире составит:

7145,1 рубля – (720 руб. за замену всех ламп + 750,7 руб. затрачено на освещение светодиодными лампами) = 5674,4 рублей экономии только в течение первого года эксплуатации светодиодных ламп в квартире.

В последующий год эксплуатации светодиодных ламп для освещения данной квартиры экономический эффект будет больше за счет того, что в квартире будут эксплуатироваться приобретенные ранее светодиодные лампы. И экономический эффект составит: 7145,1 рубля – 750,7 руб. = 6394,4 рублей экономии в течение второго года эксплуатации светодиодных ламп в квартире.

Таким образом, рассмотрев особенности современного светодиодного освещения, приходим к выводу, что светодиодное освещение можно рассматривать как эффективный инструмент ресурсосбережения как в быту, так и на производстве [8].

Достаточно высокая цена начальной стоимости светодиодной лампы по сравнению со стоимостью лампы накаливания компенсируется длительным сроком службы светодиодной лампы и достаточно быстрой окупаемостью ламп в течение первого года эксплуатации. Энергоэффективность светодиодных ламп открывает широкие пути использования данных изделий во всех сферах жизнедеятельности человека [11, 12, 13].

Библиографический список

1. Алфёров Ж.И. Физика и техника полупроводников. М.: МГУ, 2002. Т.32. №1. С. 3-18.
2. Бережная И.Ф. Педагогическое проектирование индивидуальной траектории профессионального развития будущего специалиста. Воронеж, 2012. 100 с.
3. Горина А.В., Фролова П.И. Психолого-педагогическое сопровождение формирования профессиональной компетентности студентов // Вестник СибАДИ. 2014. № 5 (39). С. 125-133.
4. Горина А.В., Фролова П.И., Казакова И.В., Павлова Е.А. Организация проектной деятельности при работе с молодежью: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2018. 140 с.
5. Колесникова И.А. Педагогическое проектирование. М.: Академия, 2008. 286 с.

6. Кишмерешкина О.Ю. Использование автоматизированной обучающей системы / Кишмерешкина О.Ю. // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета: Сб. статей. - Нижневартовск, НГУ. - 2017. - С. 94-97.

7. Мартинайтите Д.А., Найданов А.И. Совершенствование виртуальной лаборатории для разработки проектов будущих специалистов транспортной отрасли / Д.А. Мартинайтите, А.И. Найданов // Цифровые технологии в сфере транспорта и логистики: Мат. Межд. научно-практич. конф. - Омск, СибАДИ. - 2018. - С. 12-15.

8. Обельчакова К.А. Интерактивные методы обучения в современном образовании / К.А.Обельчакова // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных: сб. научных трудов II Межд. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных.- Омск, СибАДИ. - 2018. - С. 776-779.

9. Фомин А.Г. Энциклопедия света. Т.1. М: Гармония света. 2006. 176 с.

10. Фролова П.И. Реализация компетентностно-деятельностного подхода при подготовке педагогов профессионального обучения // Проблемы и перспективы формирования педагогической культуры у студентов в условиях реализации профессионального стандарта педагога: мат. Всеросс. научно-практической конференции (с международным участием). Сургут: СурГПУ, 2016. С. 203-206.

11. Якубенко О. В. Компетентностный подход в условиях стандартизации образования как фактор развития личности обучающихся // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации: материалы Межд. научно-практической конференции. Омск: СибАДИ, 2016. С. 1252-1255.

12. Яковлева Н. Ф. Проектная деятельность в образовательном учреждении: учебное пособие. М.: Флинта, 2014. 144 с.

13. Шуберт Ф.Е. Светодиоды. М.: Физматлит. 2008. 351 с.

УДК 598.2+591.9 (571.1)

РЕГИОНАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ХИЩНЫХ ПТИЦАХ АЛЕУССКОГО ЗАКАЗНИКА

Полежаев А.В.

Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Важов В.М.

Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукишина, Бийск, e-mail: apoleshaev@list.ru

Приводятся обобщённые сведения о хищных птицах Алеусского заказника, расположенного в Крутихинском районе Алтайского края в Алеусском ленточном бору в верховьях р. Бурлы. Установлено обитание 8 видов

семейства Ястребиные Accipitridae, 2 видов семейства Соколиные Falconidae и 5 видов семейства СOVOобразные Strigiformes.

Ключевые слова: ястребиные, соколиные, совообразные, распространение, Алеусский заказник, Алтайский край.

На территории Алтайского края находится государственный природный комплексный заказник краевого значения «Алеусский». Он создан 21.09.1973 г. для охраны экосистем Алеусского ленточного бора в верховьях р. Бурлы. Цель организации заказника предусматривает поддержание экологического баланса региона, сохранение мест естественного обитания и воспроизводство животных и растений ленточного бора и боровой озёрно-речной системы. Площадь заказника – 25 тыс. га. Постановлением Администрации Алтайского края № 692 от 7 октября 1999 года срок действия заказника продлен бессрочно [6].

На территории заказника берёт своё начало река Бурла, здесь находятся пресные озёра с поросшими тростником берегами – Пустынное, Глухое, Гусиное и Стеклянное. Междюнные западины всего лесного массива охраняемой территории заболочены, как и вся пойма Бурлы, что способствует распространению околоводных и водоплавающих птиц [6]. Местность заказника является труднодоступной и слабо исследованной, чтобы в определённой степени заполнить этот пробел с 14 по 18 мая 2019 года проведено изучение территориального размещения и гнездования хищных птиц в условиях Алеусского заказника и на сопредельных территориях (С.В. Важов, В.М. Важов, личн. сообщ.). Анализ имеющихся данных позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день в Алеусском заказнике обитает 8 видов семейства Ястребиные Accipitridae, 2 вида семейства Соколиные Falconidae и 5 видов семейства СОВОобразные Strigiformes.

Ястребиные – Accipitridae

Обыкновенный осоед Pernis apivorus. Редкий малоизученный вид. Встречался вблизи лесных полей с вырубками или прогалинами, придерживался открытых заболоченных мест Алеусского заказника [6]. Отмечался в Тогульском заказнике Алтайского края [3], где вероятно гнездование осоеда. По данным А.П. Кучина [4], обыкновенный осоед к гнездованию на Алтае приступает в середине мая.

Чёрный коршун Milvus migrans. Обычный гнездящийся перелётный вид на территории Алеусского заказника, обитает повсеместно во всех типах леса. Точное количество гнездовых участков коршуна в заказнике не установлено, но взрослые птицы и жилые гнёзда встречаются повсюду (С.В. Важов, В.М. Важов, личн. сообщ.).

Полевой лунь Circus cyaneus. Для Алеусского заказника И.А. Хрустальной с соавторами [6] указывается местообитание луны вблизи полей, открытых заболоченных пространств. Отмечен в Тогульском заказнике Алтайского края на территории с редкой древесно-кустарниковой растительностью, на болотах,

на вырубках и зарастающих гарях [3], где тоже вероятно гнездование.

А.П. Кучин [4] приходит к выводу о том, что полевые луни в местах гнездования на Алтае появляются поодиночке, сначала прилетают самцы, несколько позднее – самки.

Болотный лунь Circus aeruginosus. В Алеусском заказнике обитает вблизи полей и открытых заболоченных мест [6].

Тетеревятник Accipiter gentilis. В Алеусском заказнике обычен во всех типах леса, однако выявление гнёзд затруднено в связи со скрытостью образа жизни [6].

Перепелятник Accipiter nisus. В Алеусском заказнике распространён повсеместно. Предпочитает берега рек, ручьев и влажные лога [6]. А.П. Кучиным [4] перепелятники наблюдались как осенью, так и зимой практически во всех районах Алтая.

Обыкновенный канюк Buteo buteo. Один из основных видов пернатых хищников в Алеусском заказнике, обитает в высокоствольных смешанных древостоях, чередующихся с открытыми пространствами, вблизи полей, луго-пастбищных угодий, заросших лесом речных пойм. Многократно регистрировался в полёте во время экспедиционных работ в мае 2019 года вдоль Бурлинской боровой ленты и на полях-перелесках между райцентрами Крутиха и Панкрушиха (С.В. Важов, В.М. Важов, личн. сообщ.).

Могильник Aquila heliaca. Глобально редкий, узко ареальный и спорадически распространённый, перелётный вид, численность которого на Алтае повсеместно сокращается [4]. Наблюдался гнездящимся в Алеусском заказнике с 14 по 18 мая 2019 года на опушках сосняков (С.В. Важов, В.М. Важов, личн. сообщ.). Материалы по распространению, экологии, гнездовой биологии, численности могильника на Алтае опубликованы ранее [8].

Соколиные – Falconidae

Балобан Falco cherrug. Редкий сокол, численность особей на Алтае уменьшилась до критического уровня. Для Алеусского заказника И.А. Хрустальной с соавторами [6] ранее указывалось нахождение балобана в гнездовое время. В гнездовый период в последние годы сокол отмечен также в Ельцовском районе Алтайского края, не исключено его присутствие и в Тогульском заказнике [5].

Чеглок Falco subbuteo. Обычен в Алеусском заказнике, указывалось нахождение вида вблизи лесных полей и заболоченной местности [6].

Совообразные – Strigiformes

Филин Bubo bubo. Редкий вид. В прошлые годы И.А. Хрусталева с соавторами [6] предполагала высокую вероятность обитания филина в Алеусском заказнике. В период с 14 по 18 мая 2019 года в этом заказнике филин не встречен, однако обнаружены старые гнездовые ямки у стволов зрелых сосен на дюнах, на опушке бора, под прикрытием корней вывороченных ветром деревьев (С.В. Важов, В.М. Важов, личн. сообщ.). Численность вида в борах Алтая снижается [1,7].

Ушастая сова Asio otus. Встречалась в Алеусском заказнике по опушкам бора. Предпочитает древесные насаждения рядом с залежью, лугами и сенокосно-пастбищными угодьями [2,6].

Болотная сова Asio flammeus. На Алтае эта перелётная сова населяет открытые местообитания (луга, болота, залежи, сенокосы и пастбища, окраины полей). Указываются встречи этой птицы в Алеусском заказнике [6].

Сплюшка Otus scops. В прошлые годы регистрировалась в Алеусском заказнике [6]. Выявлена здесь по голосу во второй декаде мая 2019 года (С.В. Важов, В.М. Важов, личн. сообщ.).

Длиннохвостая неясыть Strix uralensis. Встречи этой птицы установлены И.А. Хрусталева с соавторами [6] в сосняках Алеусского заказника.

Таким образом, в Алеусском заказнике известно обитание 15 видов пернатых хищников 3-х семейств: Ястребиные, Соколиные и СOVOобразные.

Библиографический список

1. Важов, В.М. Некоторые аспекты экологии и гнездовой биологии филина в агроландшафтах Алтайского региона [Текст] / В.М. Важов, А.Ю. Фелелова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3 (3). – С. 398–401.

2. Важов, С.В. О совах Салаирского кряжа [Текст] / С.В. Важов, В.М. Важов, А.В. Одинцев // Русский орнитологический журнал. – 2018. – Т. 27 (1701). – С. 5815–5824.

3. Инвентаризация заказников Алтайского края [Текст] // Отчет о научно-исследовательской работе. Ч. 2. – Барнаул, 1995. (рукопись).

4. Кучин, А.П. Птицы Алтая [Текст] / А.П. Кучин. – Горно-Алтайск, 2004. – 777 с.

5. Материалы комплексного экологического обследования участков территории Заринского, Тогульского и Ельцовского районов Алтайского края, обосновывающие придание им правового статуса особо охраняемой природной территории федерального значения – национальный парк «Тогул» (Эколого-экономическое обоснование) [Текст]. – Барнаул, 2018. – 159 с. (рукопись).

6. Хрусталева, И.А. Заказник Алеусский [Текст] / И.А. Хрусталева, В.Ю. Петров, А.И. Куприянов // Красная книга Алтайского края. Особо охраняемые природные территории. – Барнаул, 2009. – С. 24–27.

7. Фелелова, А.Ю. Анализ изученности совообразных (*Strigiformes*) Алтайского региона [Текст] / А.Ю. Фелелова, С.В. Важов // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее. Материалы IV Международной конференции (26–30 сентября 2016, г. Горно-Алтайск). – Горно-Алтайск, 2016б. – С. 180–183.

8. Vazhov, V.M. To the study of the Imperial Eagle in the Altai [Text] / V.M. Vazhov, R.F. Bakhtin // Acta Biologica Sibirica. – 2019. – Т. 5. – № 3. – С. 1–11. – URL: <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i3.6350> (дата обращения: 21.02.2020).

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Агафонова А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, email:alenapankova55@gmail.com*

В статье приводится анализ энергосберегающих мероприятий по уменьшению потерь теплоносителя и тепловой энергии в системах теплоснабжения, даны описание и решение, по оптимизации процесса.

Ключевые слова: теплоноситель, тепловая энергия, системы теплоснабжения, тепловые потери, тепловая изоляция.

Одна из наиболее актуальных задач в современности является энергосбережение и энергоэффективность. Энергосбережению уделяется значительное внимание в России. Объективной причиной высокой энергоемкости российской экономики являются особенности размещения на обширной территории страны населения и промышленных предприятий, обслуживаемых протяженными транспортными коммуникациями, а также сложившейся структурой национальной экономики с преобладанием энергоемких отраслей тяжелой промышленности. Суммарные потери при производстве и транспортировке тепловой энергии составляют до 60%, а с учетом тепла отводимых дымовых газов и того больше. При этом следует иметь в виду, что технические параметры котлов и тепловых сетей, и особенно уровень их эксплуатации, имеют значительный разброс [1].

Высочайшая степень износа тепловых сетей, удручающе низкая энергоэффективность зданий и строений, построенных еще в Советском союзе, отсталые технологии распределения и передачи тепловой энергии, отсутствие стимулов к энергосбережению со стороны потребителей тепловой энергии, минимальный процент оснащенности зданий и строений общедомовыми узлами учета тепловой энергии, практически нулевая инвестиционная привлекательность сферы теплоснабжения, неисполнение со стороны потребителей и недостаточный контроль со стороны государственных органов исполнения требований норм законодательства – вот лишь малая часть причин отсталости от развитых стран в вопросах эффективного производства и потребления тепловой энергии [2].

Первый этап к уменьшению потерь тепловой энергии является установка на внутридомовых инженерных тепловых сетях, общедомовых приборов учета, таким образом, теплоснабжающая организация сможет провести эффективный и своевременный анализ качества поставляемых энергоресурс-

сов, а так же своевременно выявлять и устранять причины отклонений параметров теплоносителя, поступающего в здания и строения потребителей, от нормированных значений [3].

Второй этап – введение штрафных санкций за несоблюдение требований к параметрам качества теплоснабжения, нарушение режима потребления тепловой энергии, в том числе ответственность за нарушение условий о количестве, качестве и значениях термодинамических параметров возвращаемого теплоносителя. Завышение температуры теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления свидетельствует о неудовлетворительном состоянии тепловой системы здания, но также приводит к увеличению тепловых потерь и эксплуатационных затрат теплоснабжающей организации [4].

Третий этап – создание экономических стимулов для работников теплоснабжающих организаций, задействованных в устранении аварий на разводящих тепловых сетях. Финансовые потери от утечек теплоносителя можно существенно снизить путем стимулирования и премирования сотрудников теплоснабжающих организаций за снижение таких показателей как: времени устранения аварий, количества повторных разрывов аварийных участков теплотрасс, а так же доли фактических относительно нормативных значений тепловых потерь.

Четвертый этап – снижение фактических потерь тепловой энергии до нормативных значений и уменьшение аварийности разводящих тепловых сетей. К основным мероприятиям по снижению фактических тепловых потерь относятся:

1) Диагностика и мониторинг состояния тепловых сетей с применением современных технологий - Тепловая инфракрасная аэросъемка, магнитная томография металла трубопроводов с поверхности земли, метода оперативного дистанционного контроля трубопроводов;

2) Использование современных теплоизоляционных материалов на заменяемых и вновь монтируемых участках тепловой сети;

3) Усиление надзора за проведением периодических осушений и вентиляций каналов прокладки трубопроводов, прочистки дренажей;

4) Применение компенсаторов на трубопроводах тепловой сети;

5) Улучшение качества водоподготовки теплоносителя.

Пятый этап – модернизация центральных тепловых пунктов [5], они технически и морально изношены, что приводит к перерасходу электроэнергии и теплоносителя, многократно завышает эксплуатационные затраты на поддержание оборудования. Улучшение центральных тепловых пунктов позволит организовать систему автоматического регулирования поставки тепловой энергии на нужды потребителей, и монтаж системы защиты от повышенного давления в тепловой сети.

В заключении можно отметить, приводимый перечень мероприятий не претендует на исключительность и не является исчерпывающим [6]. Ибо возможностей на пути к обеспечению энергетической эффективности – ве-

ликое множество, а действенная программа энергосбережения – продукт интеллектуального труда и финансовых вложений. Вышеуказанные мероприятия способствуют весомой экономической эффективности, экономии энергоресурсов, контролю процессов теплоснабжения, уменьшению потерь теплоносителя на тепловых сетях, а так же проводить анализ для дальнейшей успешной работы в системах теплоснабжения.

Библиографический список

Деревянко О.В. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения / О.В. Деревянко, Я.А. Владимиров. – Санкт-Петербург, 2016. – 315 с.

2. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция).

3. Волосатова Т. А. Некоторые вопросы энергоэффективности тепловых сетей в разрезе текущего состояния комплекса ЖКХ России // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054.

4. Лебедев П. Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий. — Москва: Энергия, 1970.— 408 с.

5. Постановление от 12 июля 2018 года N 154 О внесении изменений в постановление региональной энергетической комиссии Кемеровской области от 30.06.2018 N 118 "Об утверждении нормативов потребления коммунальной услуги по отоплению на территории Новокузнецкого городского округа".

6. Шилина М.Н. Модернизация жилищного фонда с использованием энергосервиса // Энергосбережение. 2014. № 5. С. 36-39.

УДК 697 : 658.26

ВЛИЯНИЕ ПРИБОРОВ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Агафонова А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, email: alenaarankova55@gmail.com*

Проведен обзор анализ влияния приборов учета на энергосбережение в системах теплоснабжения, сформулированы условия оптимизации установки приборов учета в системах тепловых сетей.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловая энергия, системы теплоснабжения, водоснабжение, приборы учета.

Одна из наиболее актуальных задач в современности является энерго-

и ресурсосбережение. Особое внимание уделяется тепловой энергии, так как это наибольшая статья расходов на топливо и энергоносители, и значительная часть расходов за услуги в жилищно-коммунальной сфере. Наиболее перспективным решением данной проблемы является установка приборов учета и внедрение автоматизированных систем погодного регулирования, исключающих неоправданный расход тепловой энергии и теплоносителя [1].

С помощью установка узла учета тепловой энергии (далее – УУТЭ) появляется возможность перейти к расчетам за фактически потребленные энергоресурсы, а система автоматического погодного регулирования тепла позволяет экономить тепловую энергию.

Работа системы автоматического регулирования тепла завязана на температуре наружного атмосферного воздуха, с учетом которой контролируется и регулируется температура в здании. Температура фиксируется с помощью датчиков установленных внутри и снаружи здания, показания передаются на контроллер. Он в свою очередь производит анализ показаний и дает сигнал на управляющий клапан для установки наружного режима температурного графика [2].

В Кемеровской области неустойчивый климат, в зимний период температура наружного воздуха может колебаться от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$, таким образом применение систем погодного регулирования на тепловых пунктах позволяет избежать вынужденных «перетопов» и достиг определенной экономии тепла.

В связи с определением экономической целесообразности применения и установки УУТЭ проведем расчет потребления тепловой энергии на примере многоквартирного дома в г.Новокузнецке, по методике, используемой в теплоснабжающей организации ООО «ЭнергоТрнэзит», для расчета начислений за тепловую энергию.

Методы расчета отпускаемой тепловой энергии производятся по нагрузке, по показаниям приборов учета, по нормативу [3].

Результаты расчета представлены в Таблице 1.

Тепловая нагрузка подразумевает под собой количество тепловой энергии, необходимое для поддержания комфортной температуры в доме. В наших погодных условиях более актуальна максимальная часовая нагрузка на отопление. Под ней подразумевается количество тепла, необходимое для поддержания нормированных показателей в течение часа в самых неблагоприятных условиях.

Количество потребленного тепла по нагрузке на отопление определяется по формуле [4]:

$$Q_0 = a \cdot V \cdot q \cdot (t_{вн} - t_p) \cdot (1 + K_n) \cdot 0,000001,$$

где a – поправочный коэффициент на расчетную температуру наружного воздуха, ($a = 0,9$);

q – удельная отопительная характеристика здания, ($q = 0,43$

ккал/м³·ч·С°);

$t_{вн}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, ($t_{вн} = 18 \text{ С}^\circ$);

t_p – расчетная температура наружного воздуха, ($t_p = - 40 \text{ С}^\circ$);

K_n – коэффициент инфильтрации, ($K_n = 45 \text{ м}^3$).

Таблица 1 - Количество потребленной тепловой энергии по нагрузке

Расчетный период	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/ч	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/мес	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/год
2019 г.	0,20519	152,661	1831,939

Результаты расчета количества потребленного тепла по нормативу представлены в Таблице 2.

Нормативы на отопление принимаются местным органом власти при участии ресурсоснабжающих организаций и остаются неизменными в течение трех лет. Норматив на отопление принимаем согласно постановлению от 30 июня 2018 года № 118 [5].

Таблица 2 - Количество потребленной тепловой энергии по нормативу

Расчетный период	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/ч	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/мес	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/год
2019 г.	0,1546	115,01	1380,12

Количество потребленного тепла по показаниям УУТЭ представлены в таблице 3.

При установке УУТЭ в многоквартирном доме, оплата происходит непосредственно по показаниям приборов учета. Если прибор учета не установлен то оплата за потребленный ресурс будет производиться по нормативу или же по нагрузке, что может превышать фактическое потребление энерго-ресурсов[6].

Таблица 3 - Количество потребляемой тепловой энергии по показаниям УУТЭ

Расчетный период	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/ч	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/мес	Количество потребленного тепла на отопление, Гкал/год
2019 г.	0,1243	92,502	1110,02

График, показывающий количество потребляемой тепловой энергии, представлен на рисунке 1:

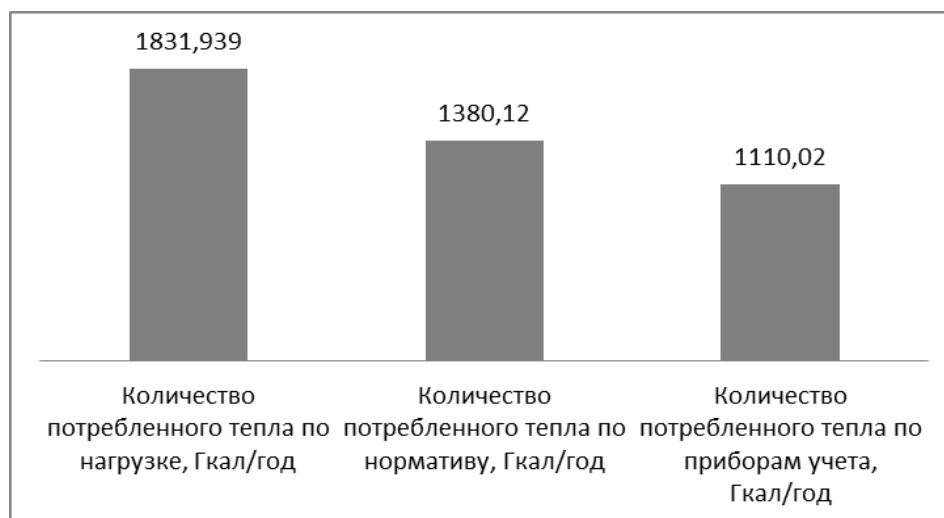


Рисунок 1 - Объем годовой потребляемой тепловой энергии, рассчитанной по разным методиками

Как видно из рисунка 1, по показаниям прибора учета тепловой энергии на 40 % меньше, чем объем энергии, рассчитанный по нагрузке и на 15 % меньше, чем количество энергии, рассчитанное по нормативу.

Результаты расчета стоимости годовой потребляемой тепловой энергии представлены в Таблице 4.

Тариф на сегодняшний день в теплоснабжающей организации ООО «ЭнергоТранзит» составляет – 2209 рублей 50 коп/Гкал.

Таблица 4 - Результаты расчет стоимости потребляемой тепловой энергии

Расчетный период	Стоимость потребленного тепла по нагрузке, тыс.руб/год	Стоимость потребленного тепла по нормативу, тыс.руб/год	Стоимость потребленного тепла по приборам учета, тыс.руб/год
2019 г.	4047,67	3049,37	2452,59

Из таблицы 4 видно, стоимость тепловой энергии по приборам учета на 40 % меньше, чем стоимость тепловой энергии рассчитанной по нагрузке, таким образом мы видим как велика экономия средств за счет установленных приборов учета тепловой энергии. С помощью УУТЭ ведется учет реального потребления энергоресурсов.

В заключении можно отметить, что установка приборов учета и системы погодного регулирования расхода теплоносителя, способствует экономии энергоресурсов, а так же позволяет проводить мониторинг процессов теплоснабжения и теплопотребления.

Библиографический список

1. Задвинская Т.О., Горшков А.С. Методика повышения энергоэффективности типового многоквартирного дома путем внедрения систем учета, автоматизации и регулирования тепловой энергии // Строительство уникальных зданий и сооружений 2014 г. – 79 с.
2. Смородин С.Н., Белоусов В.Н., Лакомкин В.Ю. Системы и узлы учета расхода энергоресурсов: учебное пособие / СПбГТУРП. – Санкт-Петербург, 2014. – 20 с.
3. Волосатова Т. А. Некоторые вопросы энергоэффективности тепловых сетей в разрезе текущего состояния комплекса ЖКХ России // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054.
4. Управление государственного энергетического надзора по Кемеровской области «КУЗБАССГОСЭНЕРГОНАДЗОР». Методика определения потребления энергоресурсов. – Кемерово, 2001. - 21с.
5. Постановление от 12 июля 2018 года N 154 О внесении изменений в постановление региональной энергетической комиссии Кемеровской области от 30.06.2018 N 118 "Об утверждении нормативов потребления коммунальной услуги по отоплению на территории Новокузнецкого городского округа".
6. Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 N 354 (ред. от 13.07.2019) "О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов" (вместе с "Правила предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов").
7. Шилина М.Н. Модернизация жилищного фонда с использованием энергосервиса // Энергосбережение. 2014. № 5. С. 36 – 39.
8. Ливчак В.И. Как оценить энергоэффективность энергосберегающих мероприятий при выполнении капремонта многоквартирных домов / В.И. Ливчак // Энергосбережение, 2017, №2, с. 24 – 32.
9. Горшков А.С. Повышение уровня теплоизоляции наружных стен малоэтажного дома / А.С. Горшков [и др.] // Энергосбережение, 2017, №8, с. 30 – 34.
10. Памфилова К.Д. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку тепла отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий / К.Д. Памфилова // Москва: Стройиздат, 1979. – 79 .

УСТАНОВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

**Безрукова В.В., Самохвалова О.А., Хороших П.С., Захарова М.А.
Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк e-mail: vikbezrukova@mail.ru*

В статье освещаются вопросы связанные с установлением границ санитарно-защитной зоны (далее – СЗЗ) для шламоохранилища металлургического предприятия АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Ключевые слова: санитарно-защитная зона, АО «ЕВРАЗ ЗСМК», атмосферный воздух, выбросы.

СЗЗ устанавливается в целях снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха до установленных нормативов вредных выбросов после проведения на предприятиях всех мер по очистке вредных веществ.

Цель работы: провести анализ материалов обоснования для установления размеров СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить материалы обоснования размера и границ санитарно-защитной зоны шламоохранилища АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;
- определить размер СЗЗ для АО «ЕВРАЗ ЗСМК» в соответствии с требованиями санитарного законодательства;
- проанализировать лабораторные исследования качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

АО «ЕВРАЗ Западно-Сибирский металлургический комбинат» является одним из крупнейших производителей металлопроката. Расположен в г. Новокузнецке Кемеровской области, имеет замкнутый металлургический цикл и является крупнейшим предприятием отрасли в Сибирском регионе страны, предназначенным для обеспечения строительными, машиностроительными профилями металлопроката (катанка, уголок, швеллер, балка, арматурная сталь, круглая сталь, проволока). Продукция комбината поставляется в 7000 предприятий СНГ и экспортируется в 30 стран мира. Опыт и достижения предприятия широко используются в отечественной и зарубежной практике [1].

Шламоохранилище АО «ЕВРАЗ ЗСМК» предназначено для складирования отходов металлургического производства и углеотходов. Ближайшая к шламоохранилищу жилая застройка (п. Шахтёрский) расположена на расстоянии 260 м в восточном направлении. [4]

Источниками загрязнения атмосферного воздуха являются:

Источники 6501, 6502 – земляные работы, двигатели техники. При земляных работах, пересыпке пылящих материалов в атмосферный воздух выбрасывается пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов. При работе спецтехники в атмосферный воздух выбрасываются азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, бензин, керосин.

Источник 6505 – земляные работы, двигатели техники, сварочные работы. При земляных работах, пересыпке пылящих материалов в атмосферный воздух выбрасывается пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов. При работе спецтехники в атмосферный воздух выбрасываются азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, бензин, керосин. При сварочных работах выбрасываются железа оксид и марганец и его соединения.

Источник 6509 – земляные работы, двигатели техники, сварочные работы. При земляных работах, пересыпке пылящих материалов в атмосферный воздух выбрасывается пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов. При работе спецтехники в атмосферный воздух выбрасываются азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, бензин, керосин. При сварочных работах выбрасываются железа оксид и марганец и его соединения.

Источник 6512 – земляные работы, двигатели техники, окрасочные работы. При земляных работах, пересыпке пылящих материалов в атмосферный воздух выбрасывается пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов. При работе спецтехники в атмосферный воздух выбрасываются азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, бензин, керосин. При окрасочных работах выбрасываются диметилбензол, уайт-спирит.

Источник 6513 – Отсыпка отходов, двигатели техники. При отсыпке отходов в атмосферный воздух выбрасывается пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов. При работе спецтехники в атмосферный воздух выбрасываются азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, бензин, керосин [4].

На предприятии расположены 6 неорганизованных источников.

В атмосферу выбрасываются 12 загрязняющих веществ, образующих 1 группу суммации.

Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу от объектов предприятия составляет в 34,700729 т/год. [4]

Источники загрязнения атмосферного воздуха нанесены на карту-схему промплощадки (рисунок 1).

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 площадка шламохранилища не попадает под санитарную классификацию, поэтому размер санитарно-защитной зоны устанавливается в каждом конкретном случае на основании расчетов рассеивания загрязнений атмосферного воздуха и физического воздействия на атмосферный воздух, а также на основании результатов натур-

ных исследований и измерений.

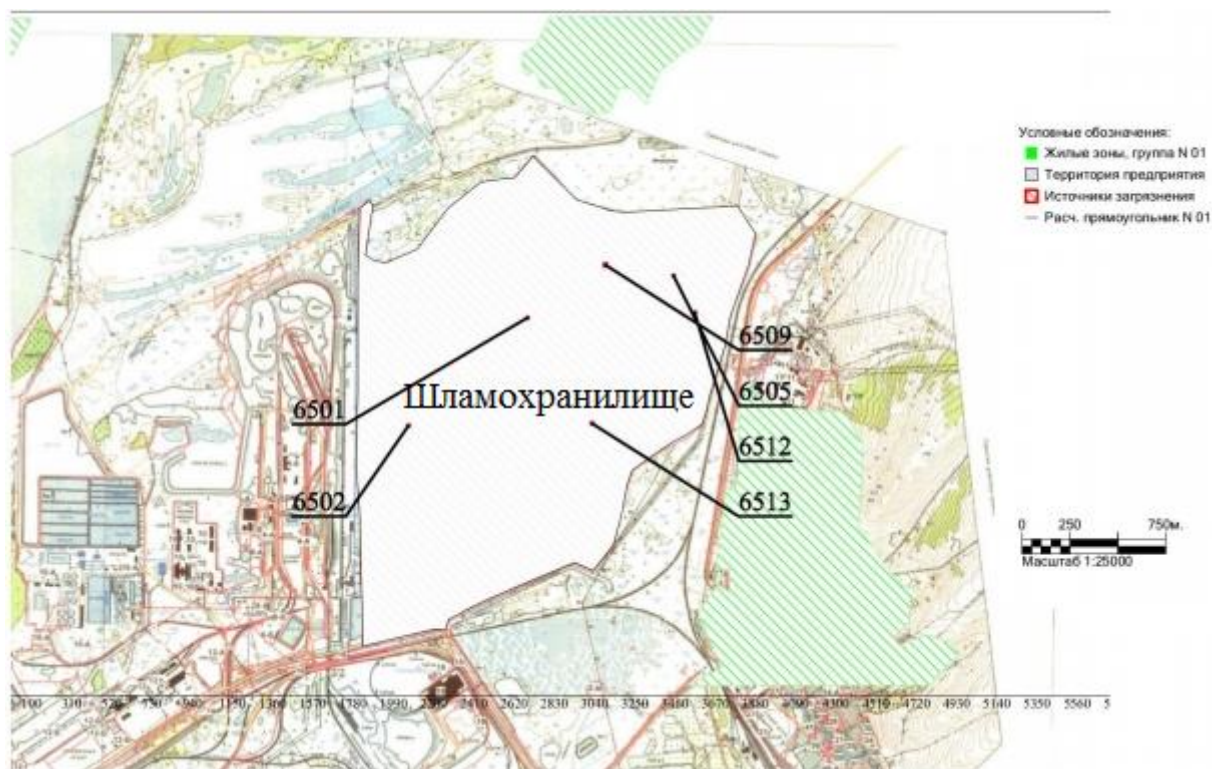


Рисунок 1 – Источники загрязнения атмосферного воздуха АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Согласно п. 3.4 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 размер СЗЗ устанавливается от границы территории промплощадки.

Расчетная СЗЗ предприятия определена на основании расчетов рассеивания загрязнения атмосферного воздуха и расчетов физического воздействия на атмосферный воздух [4].

Согласно данным Кемеровского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» - НГМО № 947 от 18.09.2017г., фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе размещения промплощадки (таблица 1):

Таблица 1 – Фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе размещения промплощадки

Наименование	Концентрация, мг/м ³
Азота диоксид	0,083
Углерод	0,083
Диоксид серы	0,011
Углерода монооксид	2,9
Взвешенные вещества	0,288

Проведенный анализ уровня загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения промплощадки показал, что превышений нормативов качества атмосферного воздуха по измеряемым веществам не наблюдается.

В проекте обоснования размера и границ санитарно-защитной зоны шламохранилища АО «ЕВРАЗ ЗСМК» выполнены расчеты рассеивания приземных концентраций загрязняющих веществ на персональном компьютере с использованием УПРЗА «Эра», версия 2.5.

Расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ выполнены по расчетному прямоугольнику размером 6860x3570, шаг 35 м.

Расчет осуществлен с автоматическим поиском опасного направления и скорости ветра, для определения максимально возможных приземных концентраций по всем загрязняющим веществам и группам суммации веществ однонаправленного воздействия с учетом фонового загрязнения атмосферы.

Приземные концентрации определялись в узлах расчетных сеток, а также на границе СЗЗ, на границе жилой застройки (ЖЗ).

В машинный расчет были заложены параметры источников выбросов и метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере [4].

Расчет выполнен с учетом фонового загрязнения атмосферы (таблица 2).

Таблица 2 – Расчётные максимальные приземные концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ

Код ЗВ	Наименование загрязняющих веществ*	СЗЗ	ЖЗ
0301	Азота диоксид	0,81277	0,58319
0328	Углерод	0,51827	0,4723
0337	Углерода оксид	0.57621	0,565
2936	Пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70%	0.51096	0,25736
ГС 31 (0301+0330)	Азота диоксид + Серы диоксид	0.52976	0,37995
*В таблице представлены вещества (группы веществ), максимальная расчетная концентрация которых ≥ 0.05 ПДК			

Ни по одному загрязняющему веществу на границе СЗЗ и на границе жилой застройки концентрации не превышают 1 ПДК.

Анализ результатов рассеивания максимально-разовых концентраций и карт с изолиниями предоставленных в приложении к проекту показал, что в пределах границ территории предприятия изолинии 1 ПДК и более были получены по азота диоксиду, углероду (саже), пыли неорганической с содержанием кремния 20-70 процентов и группе суммации 31. За пределы границ площадки изолинии 1 ПДК не выходят [4].

Санитарно-защитная зона по фактору химического загрязнения установлена по границам земельных участков шламохранилища, представлена на рисунке 2.

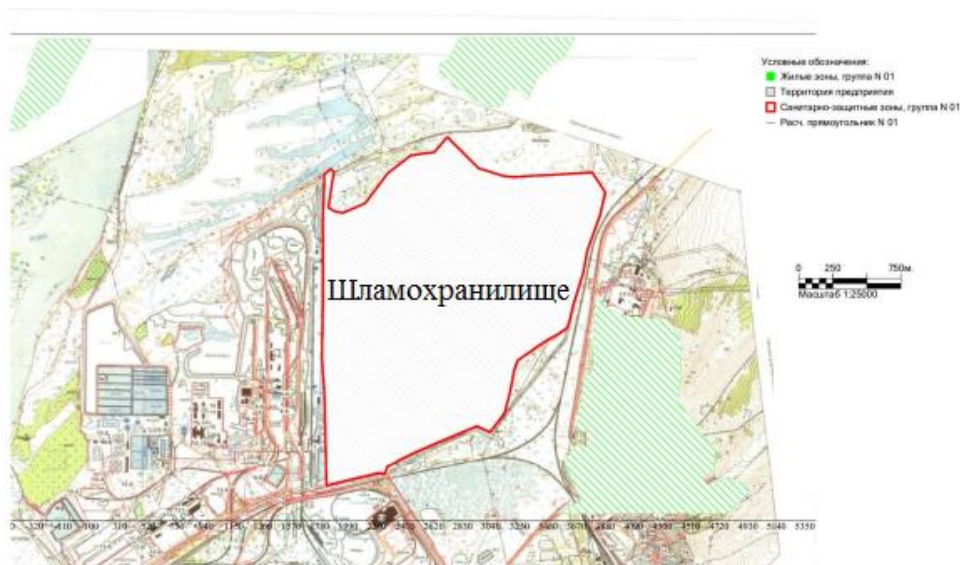


Рисунок 2 – Расчетная по фактору химического загрязнения
СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Размер санитарно-защитной зоны будет обеспечивать достаточное уменьшение воздействия выбросов загрязняющих веществ предприятия и обеспечивать необходимое качество атмосферного воздуха жилой зоны.

Программа графика санитарно-гигиенического контроля за качеством атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны, на границе жилой застройки представлена в проекте. Планом-графиком предусмотрен контроль качества атмосферного воздуха.

Отбор проб атмосферного воздуха должен осуществляться в трех точках: на границе расчетной СЗЗ (с наветренной и подветренной сторон), на границе ближайшей жилой застройки. Отбор проб должен осуществляться в количестве 30-ти дней в год на каждый ингредиент, посезонно. Контролируемые вещества: азота диоксид, углерод (сажа), серы диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества (пыль).

По проведенному исследованию были сделаны следующие выводы:

1. Загрязнение атмосферного воздуха в пределах СЗЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» не обнаружено.
2. Содержание загрязняющих веществ не превышает значений ПДК ни по одному из загрязняющих веществ.
3. Необходимо проведение отбора проб атмосферного воздуха (экомониторинг) в соответствии с планом графиком контроля качества атмосферного воздуха.
4. Анализ результатов рассеивания максимально-разовых концентраций и карт с изолиниями предоставленных в приложении к проекту показал, что в пределах границ территории предприятия изолинии 1 ПДК и более были получены по азота диоксиду, углероду (саже), пыли неорганической с содержанием кремния 20-70 процентов и группе суммации 31. За пределы границ площадки изолинии 1 ПДК не выходят.

Библиографический список

1. ЕВРАЗ. Объединенный Западно-Сибирский Metallургический Комбинат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rus.evraz.com/enterprise/steel/zsmk/> - 12.03.2020.
2. ЕВРАЗ. Объединенный Западно-Сибирский Metallургический Комбинат. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rus.evraz.com/fin-info/zsmk/> – 19.03.2020.
3. ЕВРАЗ. Объединенный Западно-Сибирский Metallургический Комбинат. Экология. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rus.evraz.com/enterprise/steel/ntmk/ecology/> - 19.03.2020.
4. Проект обоснования размера и границ санитарно-защитной зоны шламохранилища АО «ЕВРАЗ ЗСМК». [Текст], – Новокузнецк.– 2019.–240 с.

УДК 631:58:551

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГУМАТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

**Белоусова И.Е., Дроздецкая А.В., Шумкина Е.Е.,
Чекмазов А.А., Зотов Д.К.**

Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: LizaShumkina54@yandex.ru*

Загрязненные и техногенно нарушенные земли представляют серьезную угрозу обеспечению населения Кузбасса высококачественными, экологически чистыми продуктами. Изучены возможности использования гуматов – природных источников органических добавок для экологического оздоровления почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Для этого проведен полевой опыт на овощных культурах с применением гуматов, полученных при переработке торфа. Были использованы две основные рекомендованные дозы гуматов 0,5 и 1,0 г/м². Продуктивность овощных культур после применения гуматов значительно повысилась. Оправдано включение в полевой опыт различных препаративных форм гуматов.

Ключевые слова: плодородие почв, урожайность сельскохозяйственных культур, гуматы, рандомизированные условия проведения полевого опыта, фоновое плодородие почвы, статистическая оценка результатов.

Введение. В последние десятилетия все большую актуальность приобретает проблема повышения плодородия почв, применения органических добавок для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Одни-

ми из таких добавок являются гуматы – натриевые и калийные соли гуминовых кислот. Гуматы и гуминовые кислоты – химическая основа гумуса почв, его концентрат. Гуматы – это основа гумуса, который необходим для того, чтобы биохимические процессы в почве происходили одновременно в достаточной мере интенсивно и стабильно.

В загрязненных почвах гуматы способны выполнять оздоровительную функцию, восстанавливая полезную в них микрофлору и повышать качество выращиваемой продукции.

В Кузбассе существуют хорошие возможности использовать гуматы в сельскохозяйственной практике, поскольку есть сырьевые источники и отработана технология для их получения.

Целью полевого эксперимента является экспериментальное исследование влияния гуматов на урожайность овощных культур и выявление агротехнической и экологической значимости используемых препаратов.

На основе поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- провести полевой опыт по выращиванию овощных культур с применением гуматов;
- проанализировать агротехническую и экологическую значимость используемых препаратов.

Проведение полевого эксперимента. Влияние гуматов на урожайность сельскохозяйственных культур проводили на опытном поле агробиостанции НФИ КемГУ. Как показывает предварительный почвенный анализ, почвы на агробиостанции серые лесные среднемощные, благодаря многолетней обработке создают благоприятные условия для роста и развития культурных растений.

В течение 7 лет обработка почвы и подготовка грядок на опытном поле осуществляются по агротехнологии Джевонса [1]. Картофель и традиционные овощные культуры – капуста двух сортов (ранняя и поздняя), помидоры, морковь, свекла – были выращены на приподнятых до 30 см грядках шириной 1 м и длиной 9 м. Посев – рядовой через 30 см. Весь опыт включал до 50 делянок (грядок). Под опытом на овощном севообороте было занято 0,6 га земли.

В полевом опыте использовали две основные рекомендованные дозы гуматов 0,5 и 1,0 г/м². Гуматы внесли с поливной водой однократно за сезон. По некоторым культурам, предположительно с напряженным фитосанитарным фоном, добавили варианты с «Фитоп-Флора-С» в рекомендованных дозах по гумату. Препараты обозначены по первым буквам коммерческого названия: «Флора-С» – ФС и «Фитоп-Флора-С» – ФФС. Опыт включал контроль без внесения гуматов (К) и по 2 варианта опытов с внесением гуматов ФС и ФФС – соответственно ФС_{0,5}; ФС_{1,0} и ФФС_{0,5}; ФФС_{1,0}, где нижним индексом указана доза внесения.

Расположение делянок рендомизированное [2]. Повторность 2 – 3-кратная, учет урожая – сплошной с одновременным взвешиванием товарной части, очищенной и подготовленной к хранению. Математическая обработка данных урожая проведена методом дисперсионного анализа по Доспехову

[3]. В 1 столбце перечислены культуры. Во 2 столбце указан фон: контроль (К), формы и дозы гуматов (ФС и ФФС) и дозы (0,5 и 1,0). В 3 столбце приведена средняя по повторности урожайность в килограммах на квадратный метр грядки, для капусты – масса одного вилка. В 4 и 5 столбце указано превышение урожайности соответственно в килограммах и процентах по отношению к урожайности в контрольном варианте.

В отдельных вариантах, где удалось точно соблюсти требования полевого опыта, приведен уровень достоверности ($P > 0,95$) и наименьшая существенная разница ($HCP_{0,05}$).

Результаты проведенного полевого опыта с гуматами приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты полевого опыта с гуматами при выращивании овощных культур

Наименование культуры	Форма и доза гумата, г/м ²	Урожайность, кг/м ²	Сравнение с контролем	
			± кг/м ²	± %
Картофель	К (0)	2,2*	-	-
	ФС _{1,0}	2,9	+0,7	+32
	ФФС _{1,0}	2,7	+0,5	+23
		<i>HCP_{0,05}</i>	<i>0,30</i>	<i>9,7</i>
Капуста ранняя (масса 1 вилка)	К (0)	1,0	-	-
	ФС _{0,5}	1,0	0	-
	ФФС _{1,0}	1,2	+0,2	+20
		-	-	-
Капуста поздняя (масса 1 вилка)	К (0)	1,8*	-	-
	ФС _{0,5}	2,0	+0,2	+11
	ФФС _{1,0}	2,4	+0,6	+33
		<i>HCP_{0,05}</i>	<i>0,35</i>	<i>16,9</i>
Помидоры	К (0)	4,0	-	-
	ФС _{0,5}	5,3	+1,3	+32
	ФС _{1,0}	4,7	+0,7	+18
	ФФС _{1,0}	5,0	+1,0	+25
	-	-	-	-
Морковь	К (0)	2,5*	-	-
	ФС _{0,5}	2,9	+0,4	+16
	ФС _{1,0}	3,0	+0,5	+20
	ФФС _{0,5}	3,2	+0,7	+28
	ФФС _{1,0}	3,5	+1,0	+40
	<i>HCP_{0,05}</i>	<i>0,29</i>	<i>9,6</i>	
Свекла	К (0)	3,9*	-	-
	ФС _{0,5}	5,2	+1,3	+33
	ФФС _{1,0}	6,0	+2,1	+54
	<i>HCP_{0,05}</i>	<i>1,46</i>	<i>29,1</i>	

* Примечание: достоверно при $P > 0,95$.

Обсуждение полученных результатов опыта. Положительное реагирование урожайности овощей на внесение гуматов свидетельствует, прежде

всего, о невысоком фоновом плодородии почвы на опытном поле, а также о ее положительной реакции даже на минимальные дозы их внесения.

Практически во всех вариантах с внесением гуматов повышение урожая существенно – выше НСР_{0,05}. Исключение составляют – варианты с дозой гумата 0,5 г/м² на капусте поздней (ФФС-0,5) и на свекле (ФС-0,5), где превышение урожайности оказалось ниже НСР, т.е. повышение урожайности свеклы и поздней капусты от дозы гуматов в 0,5 г/м² не доказано статистически.

В среднем по культурам внесение гуматов повысило урожайность на 30 %.

От внесения гумата в количестве 0,5 г/м² получен прирост урожая моркови в 16 % (0,4 кг/м²), корнеплодов свеклы – 33 % (1,3 кг/м²) на ФС_{0,5}.

Увеличение дозы гуматов до 1 г/м² прибавило урожай капусты поздней в три раза от 11 % на ФС_{0,5} до 33 % на ФС_{1,0}. На других культурах прибавка не столь значительна: от 16 % до 20 % на ФС и от 28 % до 40 % на ФФС у моркови; от 33 % до 54 % на ФС у свеклы.

Продуктивность овощных культур в целом после применения гуматов значительно повысилась. Оправдало себя и включение в полевое испытание различных препаративных форм гуматов.

Территория агробиостанции примыкает к берегу реки Томь в хорошо продуваемой пойме. Подпочва дренирована, но с близким стоянием грунтовых вод. Культура овощей и картофеля в подобных условиях осложняется обильными росами и туманами в июле – августе, что провоцирует развитие болезней в самый ответственный период налива и созревания. Проведенный опыт показал различную реакцию овощей и картофеля на препаративную форму гуматов.

Так картофель показал большую прибавку клубней от ФС, нежели от ФФС при одинаковой дозировке по гуматам. На фоне ФС урожай клубней 2,9 кг, на ФФС – 2,7 кг, что соответственно на 32% и 23% выше контроля. Капуста дает большую прибавку с применением ФФС, чем на ФС, прибавка существенная: 33% при НСР = 16,9%. Морковь вдвое повысила урожай на фоне ФФС: 20% на ФС_{1,0} до 40% на ФФС_{1,0}.

Кроме того, применение гуматов улучшает товарный вид хозяйственно важной части урожая. Правда, специальной оценки товарного вида не проводили. Корнеплоды и клубни с пролитых гуматами грядок визуально выглядели лучше, чище.

Заключение. В целом применение гуматов фирмы БИО-БАН на овощном севообороте и картофеле площадью 0,6 га следует признать пилотным опытом. Так как по отдельным культурам не удалось организовать работу в соответствии с требованиями полевого опыта.

Овощи и картофель существенно увеличивают урожай от минимальных доз гуматов ФС и ФФС в 0,5 г/м².

Статистически существенная прибавка урожая получена при увеличении доз гуматов до 1,0 г/м² на картофеле, поздней капусте, моркови и свекле.

Поздняя капуста и морковь сформировали больший урожай на фоне ФФС 1,0, нежели на ФС.

Максимальные прибавки урожая по сравнению с фоном без применения гуматов составили с метра квадратного:

- по клубням картофеля 0,7 кг (ФС_{1,0});
- по корнеплодам моркови – 1,0 кг или 40% (ФФС_{1,0});
- по корнеплодам свеклы прибавка 2,1 кг или 54% (ФС_{1,0});
- вес вилок капусты увеличился в среднем на 0,6 кг или 33% (ФФС_{1,0}).

Опытным путем также доказано, что предпосадочная обработка раствором гумата калия активизирует рост сельскохозяйственных культур, повышает их урожайность на 10-15%, снижает показатели нитратного азота на 20-30%, одновременно повышает их иммунитет, уменьшает пораженность мокрыми гнилями и паршой.

Более существенная прибавка урожая гарантирована при комплексной обработке культуры рабочим раствором гумата калия: предпосадочная обработка плюс обработка вегетирующих растений в фазу появления всходов (5-7 листьев), а также в период бутонизации.

Библиографический список

1. Джевонс Д. Как выращивать больше овощей. – Издательство: Pacific BVL Corporation, 1993.
2. Рендамызированные методы размещения вариантов в полевом опыте, с. 6. Источник: <https://studfile.net/preview/1150378/page:6/>.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с, ил. — (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

УДК 504.53.062.4

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ ТЕХНОЗЁМОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК

**Захарова М.А., Першина Д.А., Пронькина О.Е.,
Иванов И.В., Бугаева А.А.**

Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк e-mail: marina-shentsova@mail.ru*

В статье рассматривается проблема загрязнения почв экосистем отходами.

Ключевые слова: микрофлора техноземов, отходы, окружающая среда.

Реформирование экономики России привело в ряде регионов к росту давления на окружающую среду. Кемеровская область производит 44,5% образующихся в Российской Федерации отходов, основную массу составляют отходы угольной и металлургической отраслей промышленности. Длительное экстенсивное экономическое развитие Кузбасского угольного бассейна привело к накоплению большого количества отходов производства и потребления, формированию отвалов, шламо-, хвостохранилищ, занимающих значительные, исключенные из хозяйственного оборота, площади, лишенные естественного растительного покрова. Накопление на городских очистных сооружениях иловых осадков требует их переработки и последующей утилизации. В горнодобывающем Кузбасском регионе насчитывается большое количество закрывающихся предприятий угольной промышленности, металлургических предприятий испытывающих экономические трудности, отвалы которых нуждаются в проведении экологически эффективных мелиоративных мероприятий.

Наибольшую экологическую опасность в области землепользования создает, наряду с добычей полезных ископаемых, формирование отвалов и хвостохранилищ. При хранении отходов в хвостохранилищах создается опасность возникновения техногенных аварий и повреждений, которые могут привести к катастрофическим последствиям регионального масштаба. Под действием внешних факторов (выветривание, вымывание) частицы отходов с высоким содержанием токсичных веществ, в том числе, тяжелых металлов, вызывают загрязнения плодородного слоя почвы, водных ресурсов, приземных слоев атмосферы, что, в свою очередь, оказывает прямое влияние на здоровье населения прилегающих районов.

Вместе с тем, экономические трудности переходного периода стимулируют поиск экологически эффективных способов рекультивации при постепенном уменьшении материальных затрат. Перспективным направлением поиска является привлечение нетрадиционных мелиорантов, учет микробиологической составляющей формируемых экосистем и утилизация образующихся отходов городских очистных сооружений и других предприятий. Исследований в данной области пока еще недостаточно, особенно на региональном уровне.

Самозаращение большинства промышленных отвалов невозможно вследствие неблагоприятных свойств материала отвалов, токсичности поверхностных слоев по отношению к растениям, отсутствия органического вещества и т.д. Поэтому для создания корнеобитаемого слоя с благоприятными почвенно-экологическими свойствами и для сокращения затрат возможно проведение рекультивационных мероприятий с применением почвоулучшителей, в частности осадков сточных вод (ОСВ) и внесения микробиологических препаратов.

В настоящее время загрязнение почв экосистем отходами приняло глобальный характер. Поступление их в почву в больших количествах в первую

очередь влияет на биологические свойства почвы: снижается численность ассоциативных группировок микробной биоты, погибают беспозвоночные животные сапротрофного яруса, в котором происходит потребление и разложение органических остатков. В загрязненных почвах наряду с микроорганизмами гибнут такие ценные индикаторы содержания гумуса и регуляторы pH почвы, как дождевые черви.

Учитывая то, что почва является экологическим узлом связей биосферы, обеспечивает сопряжение биологического и геологического круговоротов, нарушение микробиологических и биохимических процессов в ней неизбежно отражается на функционировании экосистемы в целом. Это выражается в уменьшении продуктивности сообществ, снижении скорости микробной деградации органического вещества и, в отдельных случаях, значительные территории превращаются в техногенную пустыню.

Практические мероприятия в целях оздоровления окружающей среды должны решаться в следующих направлениях:

- получение экологически эффективных и экономически целесообразных способов рекультивации отвалов угольной, металлургической и энергетической промышленности в урбанизированном регионе Сибири;

- масштабное применение для решения проблем рекультивации ранее мало использовавшихся или недостаточно изученных мелиорантов;

- разработка технологических способов утилизации илов городских очистных сооружений, представляющих серьезную экологическую проблему для пригородной зоны;

- привлечение высокопродуктивных специализированных штаммов микроорганизмов, способных деструктурировать токсические вещества отходов и формировать плодородный слой почвы;

- оценка риска для здоровья населения и экономической эффективности мероприятий по рекультивации.

Рассмотрим одну из поставленных нами задач – это использование почвенных микроорганизмов для утилизации промышленных и бытовых отходов.

Изучаемыми промышленными объектами явились отходы железорудного обогащения хвостохранилища Абагурской аглофабрики, угольные отходы Байдаевского разреза и золошлаковые отходы Томь-Усинской ГРЭС. Источником органической составляющей для проведения их биологической рекультивации использовались осадки сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений г. Новокузнецка. Растительным материалом служили клоны тополей, полученные черенкованием из Ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск), бобово-злаковая смесь, состоящая из клевера гибридного и коостреца безостого. Источником почвенных микроорганизмов явилось микробиологическое удобрение «БакСиб», содержащее спорообразующие бактерии рода *Bacillus* (*Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus cereus*), вносимое на вышеуказанные промышленные площадки.

При этом следует отметить, что ОСВ – возобновляемый рекультиваци-

онный ресурс, накопление которого неразрывно связано с деятельностью городских очистных сооружений. Проблема обезвреживания и размещения ОСВ существует и в других городах Кузбасса. В ходе работы преследовалась двойная цель: решение проблемы утилизации опасных в санитарно-гигиеническом отношении осадков сточных вод и рекультивация токсичных отходов железорудного обогащения, расположенных в селитебной зоне г. Новокузнецка.

В составе ОСВ обнаружены три типа присутствующих загрязнителей: 1. Тяжелые металлы; 2. Органические соединения; 3. Патогенная микрофлора [1]. Последний объединяет в себе большую группу болезнетворных бактерий, простейших и других потенциально опасных для жизнедеятельности организма животных и человека микроорганизмов. Большую опасность представляют также тяжелые металлы, что обусловлено относительной стабильностью их нахождения в природе, по сравнению с двумя другими типами загрязнителей. Среди прочих особо выделяют химические элементы с низким природным содержанием в почве, но широко вовлекаемые в круговорот антропогенной деятельностью (ртуть, селен, кадмий, мышьяк).

Внесение ОСВ сопровождается увеличением содержания органического материала и фракций физической глины, что повышает сорбционную способность субстрата и, следовательно, приводит к повышению содержания в нём металлов. Последующее разложение органического вещества приводит к снижению сорбционной способности и повышению биологической доступности металлов [2]. Чем выше сходство к органическим соединениям, тем в большей степени ионы металла нестабильны: степень их выделения находится в следующем порядке $Cu > Pb > Cr > Zn$. Внесение ОСВ также сопровождается изменением pH, что с одной стороны ведет к снижению подвижности металлов в результате комплексообразования, но и опасности образования растворимых металлоорганических комплексов.

Проведение полевых опытов по выращиванию черенков клонированных тополей показало высокую эффективность использования ОСВ совместно с бактериальным препаратом «БакСиб». Выживаемость высаженных черенков этих растений варьировала от 70-ти до 90%. Наибольшая она наблюдалась на опытных площадках хвостохранилища Абагурской аглофабрики, а наименьшая – на золоотвалах Томь-Усинской ГРЭС. Гидролитическая активность характеризует жизнедеятельность микроорганизмов, имеющих протеолитические ферменты и поэтому способных использовать в качестве субстрата белки и пептиды, гидролизуя их до аминокислот. В эту группу входят клостридии *Cl. putrificum*, *Cl. histolyticum*, *Cl. sporogenes* и другие сапрофитные виды, а также ряд патогенных форм [3]. Уровень протеолитической ферментативной активности органоминерального субстрата (субстрат+ОСВ) имеет максимальное значение в полевых опытах с многолетними травами (70,5%) по сравнению с таковым черенков тополей (46,1%) – на золоотвалах Томь-Усинской ГРЭС.

Загрязнение почв отходами приводит к изменениям в видовом составе почвенных микробоценозов. Происходит значительное уменьшение видового разнообразия (на 30%) комплекса почвенных миксомицетов семейств *Liceaceae*, *Reticulariaceae*, *Cribrariaceae* и увеличение абсолютного доминирования небольшого числа видов: *Fusarium oxysporuni*, *Phoma niarchalii*. Более того, в грибном сообществе загрязненной почвы появляются необычные для нормальных условий, очевидно, устойчивые к отходам миксомицеты классов *Dictyosteliomycetes*, *Protosteliomycetes*, *Мухомycetes* [4].

Таким образом, в результате микробиологических почвенных исследований установлено, что сукцессионные изменения в составе микробиоценоза, сформированного с использованием ОСВ и микробиологического удобрения «БакСиб» соответствуют начальным этапам его становления, а присутствие ОСВ усиливает эти процессы.

Библиографический список

1. Водолеев А.С. Степнов А.А., Кудашкина С.А. Использование нетрадиционных мелиорантов при рекультивации отходов железорудного обогащения. Сб. межд. научн.-практ. конф. «Мировые инновационные технологии восстановления нарушенных и загрязненных земель техногенных регионов». Кемеровский ГСХИ. – Кемерово: ГПКО «Кемеровский полиграфкомбинат», 2008. – С. 34 – 36.

2. Hooda P.S., Alloway B.J. Sorption of Cd and Pb by selected temperate and semi-arid soils: effects of sludge application and ageing of sludged soils // *Water, Air., and Soill Pollut.* – 1994. – 74, N 3–4. - P. 235 – 250.

3. Гусев, М.В. Микробиология: учебник для биол. спец. вузов / М.В. Гусев, Л.А. Минеева. – М.: Академия, 2006. – 464 с.

4. Гузеев В.С. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // *Перспективы развития почвенной микробиологии.* - М.: МАКС Пресс, 2001. - С. 178-219.

СОДЕРЖАНИЕ

I ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ.....	2
СТРУКТУРА РЕЛЬСА ПОД БЕЛЫМ СЛОЕМ Жаворонкова Е.Ю.....	3
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МЕНЕДЖМЕНТЕ Исмаилов Ф.А.	6
ПРИЛОЖЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ПСИХОЛОГИИ Кустова А.Д.	9
ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА РЕАКЦИЮ НИТРАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ХЛОРИДОМ ФОСФОРА(V) Мадякина А.М., Сабирова Д.И., Романова С.М.....	13
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ АЗОТНОКИСЛЫМИ ЭФИРАМИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПРОИЗВОДНЫМ ИМИДАЗОЛА Сабирова Д.И., Мадякина А.М.....	15
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЭКОНОМИКЕ Телугунов Д.К.	20
АНАЛИЗ НАСЕЛЕНИЯ НАШЕЙ СТРАНЫ, ИМЕЮЩЕГО БОЛЕЗНИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ Чайкина А.В.	23
ИНТЕГРАЛЫ В ЭКОНОМИКЕ Яновская А.А.	27
ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ Спиридонова Е.Б.	30
РАСЧЁТ НАПРЯЖЕНИЯ ПРОБОЯ В ХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ С КОНДЕНСАТОРОМ ПОДВЕДЁННОЙ ИЗВНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ Зайцев Н.С., Бендре Ю.В., Лежава С.А.....	33
II ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	37
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК КОМБАЙНАМИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ Бушуев К.И., Розум И.Г.	37
ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ЮЖНОГО КУЗБАССА, СКЛОННЫХ К ВНЕЗАПНЫМ ВЫБРОСАМ УГЛЯ, ПОРОДЫ И ГАЗА Крестьянинов А.В., Никитина А.М., Риб С.В., Борзых Д.М.....	42
СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ПРОГНОЗА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮЖНОГО КУЗБАССА Недосеков Д.А., Никитина А.М., Риб С.В.....	46

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПО СОСТАВУ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ООО «ШАХТА ЕСАУЛЬСКАЯ» Онюшкина А.А.	50
ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ Рубцова А.К., Сат Ч.А., Пушинский С.Н.	55
УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕМПОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ Салманова Е.А., Никитина А.М., Риб С.В.	58
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПЫЛЕВЗРЫВОБЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ Секингер Н.Ю., Никитина А.М., Риб С.В., Коряга М.Г.	62
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗРЕЗА ООО «БУНГУРСКИЙ - СЕВЕРНЫЙ» НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ В РАДИУСЕ ОДНОГО КИЛОМЕТРА Шарипова Н.В., Богданова Я.А.	67
АКТУАЛЬНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ Ковалев Д.С.	74
КОРОННЫЙ РАЗРЯД Сухоплюев А.С., Фесенко А.Е.	76
АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ И ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАШИН Попроцкий Ю.Н.	80
ПОСТОЯННЫЙ И ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК В НАШЕ ВРЕМЯ Сухоплюев А.С., Фесенко А.Е.	84
АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ Зайцев П.К., Курдюков М.О.	86
НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КУЗБАССЕ Стеблюк П.В., Усов С.С.	89
МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОЧИСТНОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «БОЛЬШЕВИК» Измалков В.А.	92
ЛОКАЦИЯ ОЧАГОВ ПОДЗЕМНЫХ ПОЖАРОВ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ РАДОНА Гринин Д.А., Лобанова О.О.	97
РАЗРАБОТКА ПЫЛЕВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Ивашенко К.Ф., Сураев С.О., Мосягин А.О.	101
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СКВАЖИНАМИ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ	

Козлова О.А.	106
СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ПОДГОТОВКИ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ЗА СЧЕТ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ ДИЗЪЮНКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ	
Кузнецов А.А.	111
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПУТЁМ ВОЗВЕДЕНИЯ ПЕННЫХ БАРЬЕРОВ	
Моисеев А.А.	115
ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ ОТРАБОТКИ ЗАЛЕЖЕЙ, СКЛОННЫХ К ГОРНЫМ УДАРАМ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ	
Ушаков М.Ю., Тельнов Ю.В.	120
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОВЕТРИВАНИЯ И ГАЗОУПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ ПЛАСТОВ КОРОТКИМИ ЗАБОЯМИ	
Фролов Ю.С.	124
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕХОДУ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЗАБОЯ ПЕРЕДОВЫХ ВЫРАБОТОК БЕЗ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОЧИСТНОЙ ЗАБОЙ	
Шамсудинов В.Н., Ногих А.А.	129
АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ И ТУШЕНИЮ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ШАХТАХ ЮГА КУЗБАССА	
Моисеев А.А., Никитина А.М., Риб С.В.	133
ВЕНТИЛЯЦИЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА	
Павздерин К.А., Герлинская С.Д.	138
ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГОРНО-ШАХТНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ	
Садов Д.В., Дубина Е.М.	143
ПРОБЛЕМЫ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ УГОЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
Курдюков М.О.	149
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВСКРЫТИЯ УЧАСТКА «ЕРУНАКОВСКИЙ БЕРЕГОВОЙ»	
Буткевич А.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.	151
ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА	
Шарков Н.А.	154
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ДЕЛ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ЧАСТИ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	
Мартыненко С.Е., Матвеев А.В., Лобанова О.О.	159
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ	
Шарков Н.А., Лобанова О.О.	162

АНАЛИЗ РОССИЙСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ОБЛАСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ Шарков Н.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.	166
АНАЛИЗ СТАТЬИ 8.7 КОДЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОБ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЯХ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ Жилин Е.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.	170
ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ЗА РУБЕЖОМ Буткевич А.А., Матвеев А.В., Лобанова О.О.	174
ОБЗОР ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БВР Шарков Н.А., Тарасов А.Г.	177
ОБОСНОВАНИЕ ТРЕТЬЕГО ЭТАПА ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ В ГРАНИЦАХ ЛИЦЕНЗИИ 11672 КЕМ СО ВТОРОЙ ПО ВОСЬМУЮ РАЗВЕДОЧНЫЕ ЛИНИИ Лорнхарт Д.С., Матвеев А.В., Лобанова О.О.	180
СПОСОБ УСКОРЕННОЙ МЕХАНОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК Матвеев А.В., Гинеборг А.П., Сенкус Вал.В.	184
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Матвеев А.В., Гинеборг А.П., Сенкус Вал.В.	188
III МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	195.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ИЗ ТЕХНОГЕННОГО ЗОЛОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ Семеновых М.А., Шеховцов В.В., Гафаров Р.Е., Волокитин О.Г.	195
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ВЫСОКОАМПЕРНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА (500 – 600 кА) Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р.	199
ОЦЕНКА МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р.	203
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ Шагиев Р.Р., Шагиев Э.Р.	207
КОКСОВАНИЕ В БОЛЬШЕГРУЗНОЙ КОКСОВОЙ БАТАРЕЕ: ПРЕИМУЩЕСТВА УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМА КАМЕРЫ Филенкова Т.А., Новиков М.В., Литвинов А.П.	211
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕВОДУ ПЕЧЕЙ ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА С ЖИДКОГО НА УГОЛЬНОЕ ТОПЛИВО Коряковцева О.В.	216
СПОСОБЫ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА Алексеев А.Е.	219

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ УЛАВЛИВАНИЯ АММИАКА ИЗ КОКСОВОГО ГАЗА	
Литвинов А.П.	224
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСТК НА АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Новиков М.В.	228
НЕТРАДИЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ШТРИПСОВОЙ ЛЕНТЫ ПОД ПОРОШКОВУЮ ПРОВОЛОКУ	
Густова Д.О., Иванкина И.В.	231
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ И ВОЛОЧЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОВЫГОДНОГО ПАРТНЕРСТВА ОАО «НКАЗ» И АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Иванкина И. В., Густова Д. О., Вахроломеев В.А.	235
СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Курбангалеев Д.К.	240
УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ШАРОВ В УСЛОВИЯХ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	
Курбангалеев Д.К.	243
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ	
Чудов А.Е., Хузин А.М.	246
УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СПЛАВА АК9пч МОДИФИЦИРОВАНИЕМ	
Зеневич А.В., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Сычев А.А.	249
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КАЧЕСТВО (СТОЙКОСТЬ) СЕКЦИИ ПРЯМОЙ ГАЗОСБОРНОГО КОЛОКОЛА ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА	
Соколов Б.М., Ознобихина Н.В., Михно А.Р., Белов Д.Е., Зеневич А.В.	254
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Прохоренко Д.А., Масалова Д.А., Гулидов А.А., Соколов Б.М., Ознобихина Н.В.	258
ИЗМЕНЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ОБЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ	
Абатурова А.А., Шляров В.В., Петрикова Е.А., Тересов А.Д.	263
ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ СВАРКИ НА МАШИНЕ МС 20.08	
Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.	268
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ПОД ФЛЮСОМ, ИЗГОТОВЛЕННЫМ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Апанина В.О., Михно А.Р., Постников А.В.	270

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ С ПОСЛЕДУЮЩИМ КОНТАКТНЫМ ПОДГРЕВОМ Бутакова К.А., Гостевская А.Н., Алимарданов П.Э., Азаренков И.А.	274
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ НА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАЛЛЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ Э76ХФ Гостевская А.Н., Бутакова К.А., Азаренков И.А., Алимарданов П.Э.	279
РАЗРАБОТКА САМОФЛЮСУЮЩЕЙСЯ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Гусева Д.А., Шамрай В.Р., Комаров А.А.	282
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ПП-НП-35В9Х3СФ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Денисов П.А. Белов Д.Е.	285
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ МАРКИ ПП-НП-25Х5ФМС Кашин С.С., В. Белов Д.Е.	288
ВЛИЯНИЕ ХРОМА И УГЛЕРОДА В ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКЕ СИСТЕМЫ FE-C-SI-MN-CR-NI-MO-V НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ И ТВЕРДОСТЬ НАПЛАВЛЯЕМОГО МЕТАЛЛА Комаров А.А. Осетковский И.В. Сычев А.А.	291
СВОЙСТВА НАПЛАВОЧНЫХ ФЛЮСОВ, НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА Михно А.Р., Кречетов Е.К., Евсюков И.А., Киселев П.В., Тюрин А.А.	295
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ ШВОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮСОВ Михно А.Р. Киселев П.В., Тюрин А.А.	298
МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Постников А.В., Михно А.Р., Апанина В.О.	303
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ Шавлов И.С.	307
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКРАСКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ СЫПУЧИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Домнин К.И.	312
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА СЛОЕВОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДЕФЕКТЫ Акенфиев А.А.	317

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУТЕРОВКИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РАЗМЕРОВ И КОЛИЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ Шавлов И.С.	322
АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ Гефлинг В. С.	327
МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ Кабанец А.Ю.	332
МЕТОДЫ ОКУСКОВАНИЯ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Калягина Е.А.	337
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОКУСКОВАНИЯ ОКАЛИНЫ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА Куликов Д.А.	343
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ «ТЕРМОРОБОТ» В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ Табакowa А.И.	348
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОДУКТОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В МЕТАЛЛУРГИИ Домнин К.И.	353
ПЕРЕВОД ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО Бойко А.Р.	357
КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ Красильников В.В.	361
ОБЪЕКТЫ ГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ВОДОРОДНОМ ТОПЛИВЕ Коньшев Л.А.	366
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ПВС АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМЕННОГО ГАЗА Леванов Д.В.	370
ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ Мицкевич И.И.	374
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ Турушпанова В.А.	378
ОБЪЕКТЫ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ЗАПУЩЕННЫЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ Фадеев В.В.	383

IV ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	387
ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМЗИТА ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Андрюкова М. В., Маркелова Н. Л., Яманина Н. С.	387
ПЕРЕВОД ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО Бойко А.Р.	391
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ Идрисова М.А.....	394
ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ЦИНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ Каримова К.А., Дряхлов В.О.	397
ПАРИЖСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ, КИОТСКИЙ ПРОТОКОЛ – ПЕРСПЕКТИВЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ РОССИИ Кириляк М.В., Абдуалиев М.В.	399
ОЦЕНКА СРЕДСТВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ Леонтьева М.И.....	403
ПРОБЛЕМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ И КУЗБАССА НА ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ Масленникова Т.А.	407
ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В РОССИИ Наливайко О.С.	413
ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ОЧИСТКИ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРОВ Никитина Е.Л., Самарин М.М.....	417
РАСЧЕТ ОБЪЕМА НОРМАТИВНОГО СТОКА С ПОЛИГОНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ Николаева Е.А.	420
ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕСС-ФИЛЬТРОВ НА СТАДИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ Рогатин В.Н.	426
ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ГОРНОГО АЛТАЯ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ОЦЕНКИ Рогатин В.Н.	430
ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК Ткач С.В.....	435
ИЗМЕНЕНИЕ СХЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Тодорова Е.А.	438
СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕСУРСΟΣБЕРЕЖЕНИЯ В БЫТУ Фролова Т.А.	442

РЕГИОНАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ХИЩНЫХ ПТИЦАХ АЛЕУССКОГО ЗАКАЗНИКА Полежаев А.В.	446
АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Агафонова А.А.	450
ВЛИЯНИЕ ПРИБОРОВ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Агафонова А.А.	452
УСТАНОВЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Безрукова В.В., Самохвалова О.А., Хороших П.С., Захарова М.А.	457
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГУМАТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР Белюсова И.Е., Дроздецкая А.В., Шумкина Е.Е., Чекмазов А.А., Зотов Д.К.	462
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ ТЕХНОЗЁМОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ОАО АБАГУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИОННО- ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ, Г. НОВОКУЗНЕЦК Захарова М.А., Першина Д.А., Пронькина О.Е., Иванов И.В., Бугаева А.А.	466

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть I

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 24

Под общей редакцией

М.В. Темлянцева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

В.Е. Хомичева

Подписано в печать 11.06.2020 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 28,2 Уч.-изд. л. 30,6 Тираж 300 экз. Заказ № 99

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Издательский центр СибГИУ