

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

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 27

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 17 мая 2023 г.*

ЧАСТЬ II

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2023**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р техн. наук, профессор Фрянов В.Н.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук, доцент Темлянцева Е.Н.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16–17 мая 2023 г. Выпуск 27. Часть II. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С. В. Коновалова – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 364 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; информационных технологий и систем автоматизации управления; экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов.

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

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

І ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.7

О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.

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

В настоящей статье предложен метод расчета поля напряжений в массиве углесодержащего материала переменного сечения, имеющего форму опрокинутого усеченного конуса и ограниченного жесткими поверхностями. На примере угольных концентратов показана достоверность получаемых с его помощью результатов.

Ключевые слова: углесодержащий сыпучий материал, массив материала переменного сечения, равновесие слоя элементарной толщины, дифференциальное неоднородное уравнение, расчет, распределение напряжений.

Метод расчета распределения напряжений в массивах сыпучего материала (СМ) переменного сечения, ограниченного ограждающими поверхностями и имеющего форму опрокинутого усеченного конуса, был предложен инженером Н.В. Сорокиным [1, 2].

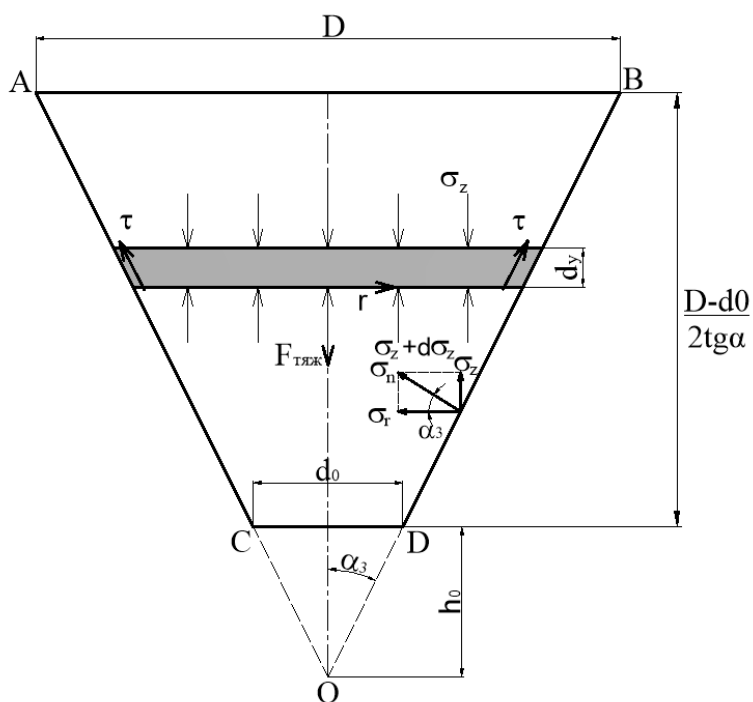


Рисунок 1 – Распределение сил, действующих на слой СМ

Рассмотрев равновесие несжимаемого слоя СМ элементарной толщины (рисунок 1), автор получил дифференциальное уравнение равновесия:

$$\rho q S dz + \sigma_z S - (\sigma_z + d\sigma_z)(S + dS) - V = 0. \quad (1)$$

где S – площадь сечения, м^2 ;

D – диаметр бункера, м ;

ρ – объемная плотность углесодержащего СМ, $\text{кг}/\text{м}^3$;

f_w – коэффициент внешнего трения;

g – ускорение свободного падения $\text{м}/\text{с}^2$;

V – напряжение трения, кПа .

Однако, недостаточный для того времени уровень знаний о механике сыпучего материала не позволил Н.В. Сорокину получить связь между вертикальными и нормальными к поверхности стенки аппарата напряжениями и использовать полученный метод в качестве прогнозного.

В работе [3] для этой цели используется соотношение Кенена (2), где за величину коэффициента бокового давления (ξ_p) предложено принимать отношение главных напряжений идеально сыпучего материала, находящегося в пассивном предельном напряженном состоянии:

$$\xi_p = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (2)$$

где ξ_p – коэффициент бокового давления для пассивного ($\sigma_z < \sigma_r$) предельного напряженного состояния.

Справедливость предположения о наличии в массиве пассивного напряженного состояния для неподвижного слоя вещества в коническом хранилище подтверждается данными многих исследователей [3].

Однако, выражение (2) показывает отношение горизонтального и вертикального напряжений и не вполне подходит для рассматриваемого случая. С нашей точки зрения, связь нормального и вертикального напряжений на основании выражения (2) и анализа условий у ограждающей поверхности емкости описывается уравнением:

$$\sigma_r = \sigma_z (\sin \alpha_3 + \xi \cos \alpha_3). \quad (3)$$

В этом случае в уравнении (1) в соответствии со схемой на рисунке 1 имеем:

$$F = \frac{\pi}{4} * (D - 2ztg\alpha_3)^2 \quad (4)$$

$$dF = -\pi t g \alpha_3 (D - 2ztg\alpha_3) dz \quad (5)$$

$$V = \pi f_w (tg\alpha_3 + \xi)(D - 2ztg\alpha_3)\sigma_z dz \quad (6)$$

После подстановки полученных выражений в уравнение (1), исключения бесконечно малых величин второго порядка, приведения подобных и некоторых преобразований получим линейное дифференциальное неоднород-

ное уравнение:

$$\frac{d\sigma_z}{dz} + \frac{4[f_w(tg\alpha_3 + \xi) - tg\alpha_3]}{D - 2ztg\alpha_3} \sigma_z = \rho g. \quad (7)$$

Решение этого дифференциального уравнения при начальном условии $\sigma_z=0=\sigma_0$ имеет следующий вид:

$$\sigma_z = \sigma_0 \left(1 - \frac{2ztg\alpha_3}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3}} + \frac{\rho g(D - 2ztg\alpha_3)}{2tg\alpha_3 - m} \left[\left(1 - \frac{2ztg\alpha_3}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3} - 1} - 1 \right], \quad (8)$$

$$\text{где } m = 4[f_w(tg\alpha_3 + \xi) - tg\alpha_3]. \quad (9)$$

Анализ выражения (8) показывает, что в частном случае (при $\sigma_0 = 0$) зависимость $\sigma(z)$ экстремальна с максимумом при:

$$z = \frac{D}{2tg\alpha_3} \left[1 - \left(\frac{2tg\alpha_3}{m}\right)^{\frac{2tg\alpha_3}{m-2tg\alpha_3}} \right]. \quad (10)$$

При наличии внешней нагрузки ($\sigma_0 \neq 0$) координаты максимальных напряжений в конической части емкости определяются выражением:

$$z = \frac{D}{2tg\alpha_3} \left\{ 1 - D^{\frac{2tg\alpha_3}{m-2tg\alpha_3}} \left[\frac{m}{2tg\alpha_3 \rho g} (\sigma_0(2tg\alpha_3 - m) + \rho g D) \right]^{\frac{2tg\alpha_3}{m-2tg\alpha_3}} \right\}. \quad (11)$$

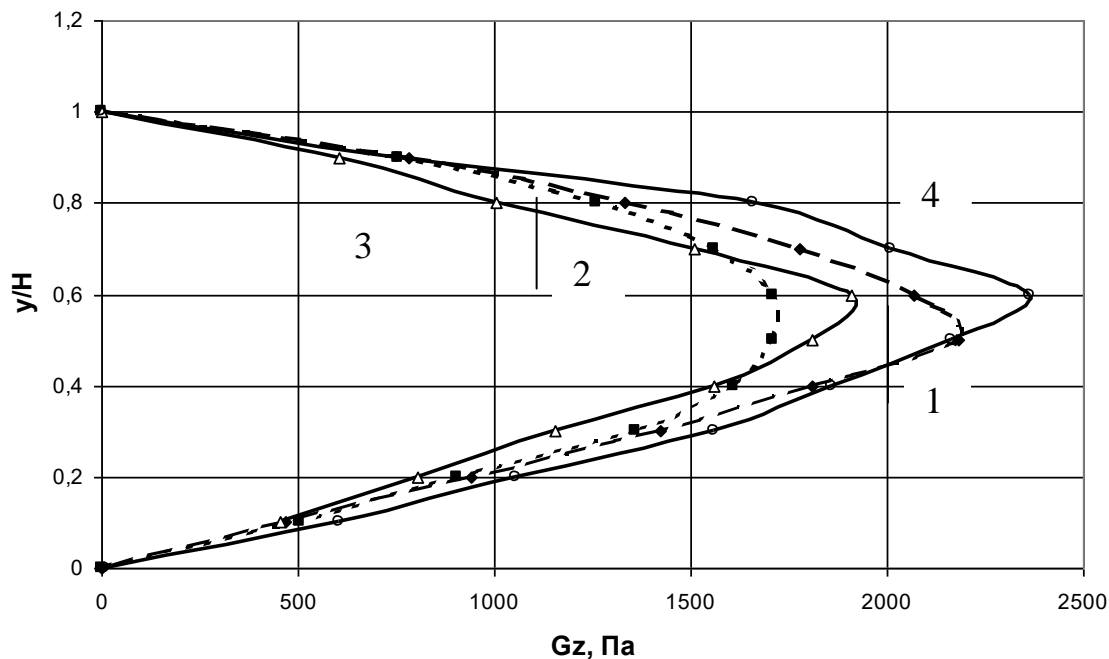
С увеличением σ_0 экстремум смещается к верхней границе конуса. При достижении значений $\sigma_0 \geq \rho g D/m$ величина напряжений в конической части по мере приближения к плоскости выпускного отверстия монотонно снижается.

Выражение (8) удовлетворительно описывает экспериментальные данные [3], приведенные на рисунке 2.

При использовании установленной зависимости для расчета вертикального напряжения на уровне выпускного отверстия оно существенно упрощается и приобретает вид:

$$q = \sigma_0 \left(\frac{d_0}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3}} + \frac{\rho g}{2tg\alpha_3 - m} \left[D \left(\frac{d_0}{D}\right)^{\frac{m}{2tg\alpha_3}} - d_0 \right]. \quad (12)$$

Решение для сжимаемого СМ может быть легко получено одним из численных методов при совместном рассмотрении (8) и функциональной зависимости объемной плотности от уплотняющего давления $\rho = \rho(\sigma_z)$.



1 – расчетные по отношению (3), 2 – расчетные 3 и 4 – соответственно экспериментальные минимальные и максимальные значения по А.В. Каталымову [3]

Рисунок 2 – Эпюры вертикального напряжения в конической части емкости

Показано, что установленные с учетом особенностей переработки углеродсодержащих СМ закономерности формирования полей напряжений и объемных плотностей в неподвижном слое СМ переменного сечения соответствуют экспериментальным результатам и представлениям большинства исследователей.

Библиографический список

1. Сорокин Н.В. Обобщение формулы Янсена для силосов, наполненных разнородными материалами / Н.В. Сорокин // Советское мукомолье и хлебопечение. – 1934. – №3. – С. 16 – 17.
2. Сорокин Н.В. Давление сыпучих тел на стены и дно силосов переменного сечения / Н.В. Сорокин // Советское мукомолье и хлебопечение. – 1935. – №4. – С. 17 – 20.
3. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Каталымов, В.А. Любартович. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.

О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.

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

В данной статье предложен метод уточнения известной формулы Янсена путем учета зависимости объемной плотности реального углесодержащего сыпучего материала от величины уплотняющего давления.

Ключевые слова: формула Янсена, углесодержащий сыпучий материал, изменение объемной плотности, уплотняющее давление, уравнение Риккати, вертикальные напряжения.

В 1895 г. была опубликована работа Янсена [1], ставшая важной вехой в развитии теории давления сыпучих материалов (СМ) на стенки цилиндрических хранилищ. Автор получил выражение, характеризующее распределение напряжений в бункерах, положенное в основу используемого до настоящего времени метода расчета и основанную на следующих основных предположениях:

- вертикальное напряжение на любой глубине от поверхности СМ равномерно распределено по площади горизонтального сечения ($d\sigma_y/dx=0$);
- объемная плотность СМ не зависит от величины уплотняющего давления ($d\rho/d\sigma_y=0$);
- коэффициент бокового давления, то есть отношение горизонтального напряжения к вертикальному, в любой точке сыпучего тела постоянен ($\xi = \sigma_x/\sigma_y = \text{const}$);
- коэффициент внешнего трения – величина неизменная ($f_w = \text{const}$);
- глубина емкости не ограничена, то есть не учитывается влияние жесткого днища хранилища.

С учетом вышеизложенного, Янсенем рассмотрено равновесие жесткого слоя элементарной толщины dy диаметром D , лежащего на расстоянии y от поверхности СМ (рис. 1).

Уравнение его равновесия записывается в виде:

$$\rho g \frac{\pi D^2}{4} dy + \frac{\pi D^2}{4} \sigma_y - \frac{\pi D^2}{4} (\sigma_y + d\sigma_y) - \xi f_w \pi \sigma_y dy = 0. \quad (1)$$

После элементарных преобразований данное выражение переходит в обыкновенное линейное дифференциальное уравнение первого порядка (2).

$$\frac{d\sigma_y}{dy} + \frac{4\xi f_w}{D} \sigma_y = \rho g. \quad (2)$$

Используя условие отсутствия напряжений на свободной поверхности СМ ($\sigma_y|_{y=0} = 0$), Янсен получил следующее соотношение:

$$\sigma_y = \frac{\rho g D}{4\xi f_w} \left[1 - \exp\left(-\frac{4\xi f_w}{D} y\right) \right]. \quad (3)$$

В настоящей публикации для определения величины коэффициента бокового давления (ξ_a) использовано отношение главных напряжений идеально сыпучего материала, находящегося в активном предельном напряженном состоянии ($\sigma_y > \sigma_x$) [2]:

$$\xi_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (4)$$

Анализ выражения (3) показывает, что с увеличением глубины y приращение давления уменьшается, а его величина стремится к пределу $\frac{\rho g D}{4\xi f_w}$.

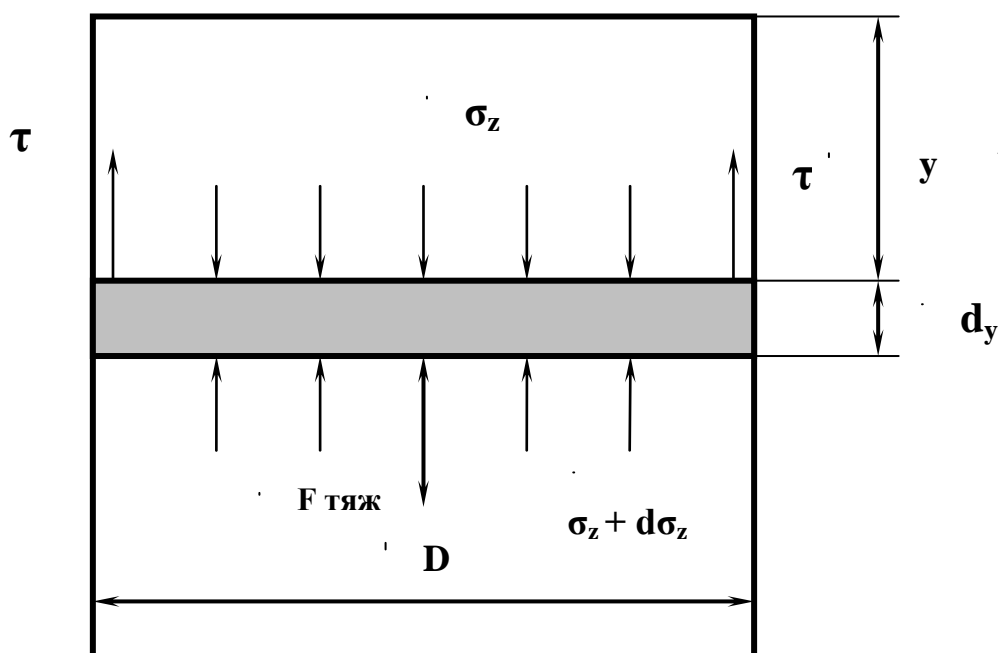


Рисунок 1 – Распределение сил, действующих на слой СМ элементарной толщины.

Формула Янсена получила повсеместное распространение, несмотря на ряд исследований, где в промышленных условиях было отмечено существенное превышение расчетных значений давления, и широко применялась вплоть до 1930-х годов. В это время качественный скачок в технике и технологии строительства хранилищ СМ значительной емкости привел к ряду серьезных аварий [2, 3], показавших, что формула Янсена, полученная при рассмотрении статического равновесия элементарного объема, не может быть привлечена для объяснения сложных динамических явлений, возникающих при выпуске СМ, даже при введении различного рода эмпирических коэффициентов [2-4].

Однако, до настоящего времени выражение (3) широко используется исследователями для расчета полей напряжений в неподвижных или медленно деформирующихся массивах СМ, о чем свидетельствуют различные попытки уточнения формулы Янсена, направленные, как правило, на уточнение одного из пяти (в основном первого-третьего) лежащих в основе ее вывода предположений [2-5].

В настоящей работе показано, что принятое условие несжимаемости СМ не позволяет использовать полученные результаты там, где нужна значительная точность, и не дает возможности оценить изменение плотности по высоте массива значительного объема, где вещество уплотняется под действием давления вышерасположенных слоев материала. В процессах переработки углей, например, возрастание плотности угольного концентрата по направлению к нижним горизонтам слоя СМ показано многими исследованиями [6].

В работе [6] показано, что зависимость уплотняющего давления от уплотняющего давления целесообразно представить в виде:

$$\rho g = A\sigma_y^2 + B\sigma_y + M. \quad (5)$$

Разница между расчетными и экспериментальными значениями при фиксированном значении влажности не превышает 1-2 кг, а коэффициенты А, В, М в зависимости от целей исследования являются постоянными величинами либо функциями технологических параметров. Рассмотрим, насколько значимо влияние сжимаемости углесодержащих материалов на распределение напряжений в их массиве.

После подстановки (5) в исходное дифференциальное выражение Янсена (2) получим уравнение Риккати:

$$\frac{d\sigma_y}{dy} = A\sigma_y^2 + \left(B - \frac{4f_w \xi}{D} \right) \sigma_y + M. \quad (6)$$

Интегрирование его при начальном условии $G_y|_{y=0} = 0$ дает:

$$\sigma_y = \frac{F}{A} \frac{1 + \frac{N - 2F}{N + 2F} e^{2Fy}}{1 - \frac{N - 2F}{N + 2F} e^{2Fy}} - \frac{N}{2A'} \quad (7)$$

где N и F определяются следующими выражениями:

$$N = B - \frac{4f_w \xi}{D}; \quad (8)$$

$$F = \left(\frac{N^2}{4} - MA \right)^{0.5}. \quad (9)$$

С увеличением высоты слоя сыпучего материала величина давления стремится к пределу:

$$\sigma_y = -A^{-1} \left\{ \left[\left(\frac{BD - 4f_w \xi}{2D} \right)^2 - MA \right]^{0.5} + \frac{BD - 4f_w \xi}{2D} \right\}. \quad (10)$$

В общем случае его значение несколько выше, чем значение предела, полученного по формуле Янсена. При этом разница возрастает с увеличением сжимаемости исследуемого вещества.

Значение горизонтального напряжения на любой глубине массива можно определить из выражения $\sigma_x = \xi \sigma_y$. Средняя по высоте слоя материала величина вертикального и горизонтального напряжений может быть найдена из выражения (11):

$$\sigma_{yc} = \frac{1}{y_k - y_0} \int_{y_0}^{y_k} \sigma_y(y) = A^{-1} \left[\left(F - \frac{N}{2} \right) + \frac{1}{y_k - y_0} \ln \frac{1 + \frac{N - 2F}{N + 2F} e^{\alpha y_0}}{1 - \frac{N - 2F}{N + 2F} e^{\alpha y_k}} \right], \quad (11)$$

где $\sigma_{xc} = \xi \sigma_{yc}$.

Здесь y_k и y_0 - соответственно большая и меньшая вертикальные координаты рассматриваемого участка.

Интегрирование уравнения Риккати при наличии дополнительной нагрузки σ_0 на массива СМ, то есть начальном условии $\sigma_y|_{y=0} = \sigma_0$ позволяет получить следующее выражение:

$$\sigma_y = \frac{F}{A} \frac{1 + \frac{2AG_0 + N - 2F}{2AG_0 + N + 2F} e^{2Fy}}{1 + \frac{2AG_0 + N - 2F}{2AG_0 + N + 2F} e^{2Fy}} - \frac{N}{2A}, \quad (12)$$

где N и F определяются следующими выражениями:

$$N = B - \frac{4f_w \xi}{D}; \quad (13)$$

$$F = \left(\frac{N^2}{4} - MA \right)^{0.5}. \quad (14)$$

Полученные соотношения могут быть использованы для распределения полей напряжений и объемных плотностей в неподвижном массиве углесоудержающего материала постоянного сечения.

Библиографический список

1. Janssen H.A. Versuche uber Getreidedruck in Silozellen / H.A. Janssen // Z. Ver. Dt. Ing. - 1895. - V. 39. - S. 1045 - 1049.
2. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел / Г.К. Клейн. - М.: Стройиздат, 1977. - 256 с.
3. Граник В.Т. О динамике сыпучего потока в силосной оболочке при переменном коэффициенте сухого трения / В.Т. Граник // Строительная механика и расчет сооружений. - 1985. - №5. - С. 39 - 43.

4. Лукьянов П.И. Аппараты с движущимся зернистым слоем / П.И. Лукьянов. – М.: Машиностроение, 1974. – 184 с.

5. Клишин С. В., Ревуженко А. Ф. Исследование задачи Янсена методом дискретных элементов в трехмерной постановке / С.В. Клишин, А.Ф. Ревуженко // ФТПРПИ. - 2014. - № 3. - С. 10–16.

6. Прошунин Ю.Е. О совершенствовании математической модели выпуска сыпучих материалов / Ю.Е. Прошунин // Известия ТПУ. – 2007. – Том 310. – №3. – С. 44 – 49.

УДК 622.7

О ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.

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

Выполнено сопоставление методов расчета полей напряжений и объемных плотностей углесодержащих сыпучих материалов в цилиндрических хранилищах при помощи классической формулы Янсена и формулы Янсена, модернизированной учетом нелинейной сжимаемости материала в зависимости от уплотняющего давления.

Ключевые слова: углесодержащий сыпучий материал, цилиндрические хранилища, поля напряжений и объемных плотностей, расчет, экспериментальные результаты, соответствие.

В настоящей статье выполнено сопоставление методов расчета полей напряжений и объемных плотностей углесодержащих сыпучих материалов (СМ) в цилиндрических хранилищах при помощи классической формулы Янсена (1) и формулы Янсена, модернизированной учетом нелинейной сжимаемости материала в зависимости от уплотняющего давления (2):

$$\sigma_y = \frac{\rho g D}{4\xi f_w} \left[1 - \exp\left(-\frac{4\xi f_w}{D} y\right) \right]. \quad (1)$$

$$\sigma_y = \frac{F}{A} \frac{1 + \frac{N - 2F}{N + 2F} e^{2Fy}}{1 - \frac{N - 2F}{N + 2F} e^{2Fy}} - \frac{N}{2A'} \quad (2)$$

где N и F определяются следующими выражениями:

$$N = B - \frac{4f_w \xi}{D}; \quad (3)$$

$$F = \left(\frac{N^2}{4} - MA \right)^{0.5}. \quad (4)$$

Выражения (1) и (2) получены при условии отсутствия напряжений на свободной поверхности СМ ($\sigma_y|_{y=0} = 0$).

Величина коэффициента бокового давления ($\xi_a = \sigma_x/\sigma_y$) СМ, находящегося в активном предельном напряженном состоянии определена по формуле Кенена [1]:

$$\xi_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (5)$$

Справедливость предположения о наличии в массиве активного напряженного состояния для неподвижного слоя вещества в цилиндрическом бункере подтверждают данные многих исследователей [2].

Здесь D – диаметр бункера, м; ρ – объемная плотность углесодержащего СМ, кг/м³; f_w – коэффициент внешнего трения; g – ускорение свободного падения м/с².

В работе [3] показано, что зависимость уплотняющего давления от уплотняющего давления целесообразно представить в виде:

$$\rho g = A\sigma_y^2 + B\sigma_y + M. \quad (6)$$

Разница между расчетными и экспериментальными значениями при фиксированном значении влажности не превышает 1-2 кг, а коэффициенты A , B , M в зависимости от целей исследования являются постоянными величинами либо функциями технологических параметров. Рассмотрим, насколько значимо влияние сжимаемости углесодержащих материалов на распределение напряжений в их массиве.

Используем полученные соотношения для расчета распределения плотности массива угольного концентрата.

Анализ экспериментальных данных различных исследований, полученных при изучении распределения углесодержащего материала в массиве по плотности, выявил две основные закономерности, не зависящие от технологических особенностей процесса загрузки или свойств используемого вещества [2, 4, 5]:

- возрастание плотности СМ с увеличением ширины (диаметра) слоя;
- уменьшение плотности материала по направлению от подстилающего основания массива.

Рассмотрим, отвечают ли указанным закономерностям результаты, полученные при применении соотношения (1) и (2). При расчете использованы значения объемной плотности, коэффициентов внутреннего и внешнего трения для смеси угольных концентратов ОАО «ЗСМК» [3] различной влажности, определенные на установке линейного плоскостного сдвига, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – ФМХ смеси угольных концентратов ОАО «ЗСМК» в зависимости от влажности и уплотняющего давления

Влага рабочая, %	Уплотн. Норм. Напряж., КПа	Коэф. внутр. трения	Нач. сопрот. сдвигу, кПа	Насыпн. Плотн., кг/м ³	Коэффициент внешнего трения по пластине из			
					ст.3	Нерж. стали	Фторопласту	Полиэтилену
0,3	5	1,077	0,77	866	0,56	0,57	0,65	0,54
	10	1,050	0,83	880	0,57	0,56	0,62	0,47
	20	0,808	2,62	901	0,54	0,48	0,57	0,47
	40	0,607	5,44	920	-	-	-	-
3,2	5	0,950	0,72	865	0,57	0,57	0,69	0,54
	10	0,787	0,95	873	0,56	0,49	0,61	0,47
	20	0,721	2,78	888	0,50	0,45	0,56	0,47
	40	0,551	5,21	903	-	-	-	-
6,3	5	0,728	0,94	741	0,53	0,48	0,60	0,49
	10	0,743	0,98	757	0,52	0,46	0,58	0,45
	20	0,670	2,27	799	0,48	0,42	0,51	0,42
	40	0,495	5,19	822	-	-	-	-
9,6	5	0,643	1,23	714	0,63	0,56	0,56	0,48
	10	0,706	2,04	765	0,51	0,48	0,53	0,44
	20	0,708	4,23	816	0,47	0,42	0,48	0,41
	40	0,448	8,60	834	-	-	-	-

Примечание. Прибор Дженике (как и все установки линейного плоскостного сдвига) не предназначен для определения начального сопротивления сдвигу, и приводимые данные характеризуют лишь относительные изменения этой величины.

Зависимость объемной плотности углесодержащего материала от уплотняющего давления и содержания рабочей влаги аппроксимирована следующим выражением [3]:

$$\rho = 836.2 + 35.6462W - 15.7452W^2 + 1.1009W^3 + 4.5952\sigma_y - 0.0771\sigma_y^2 + 0.1989W\sigma_y. \quad (7)$$

Для конкретного значения влажности данное выражение существенно упрощается и принимает следующий вид:

$$\text{для } W_t^r = 0.8\% \quad \rho = -4.6774 \cdot 10^{-2} \sigma_y^2 + 3.1806 \sigma_y + 910.5; \quad (8)$$

$$\text{для } W_t^r = 9.5\% \quad \rho = -1.3010 \cdot 10^{-1} \sigma_y^2 + 9.0777 \sigma_y + 722.20.$$

При вычислении по формуле Янсена принято значение этих выражений при $\sigma_y = 0$, что сопоставимо с данными, полученными с использованием

традиционных методов. Здесь величина плотности материала представлена в кг/м^3 , уплотняющего давления - в кПа.

На рисунках 1 и 2 приведено распределение напряжений и плотностей углесодержащего материала плотностью 0,8 и 9,5 % в соответствии с формулами Янсена и (2) по высоте условного массива (высотой 10 м, диаметром – 2 м).

Представленные на рисунке 1 данные наглядно показывают, что разница между вертикальными напряжениями, определенными по формулам Янсена и (8) весьма существенна и на глубине 10 м составляет 5,4 % для сухой смеси угольных концентратов и 17.9 % для влажной. Разница в объемной плотности на этой же глубине 5,6 и 19,01 % соответственно [3-5].

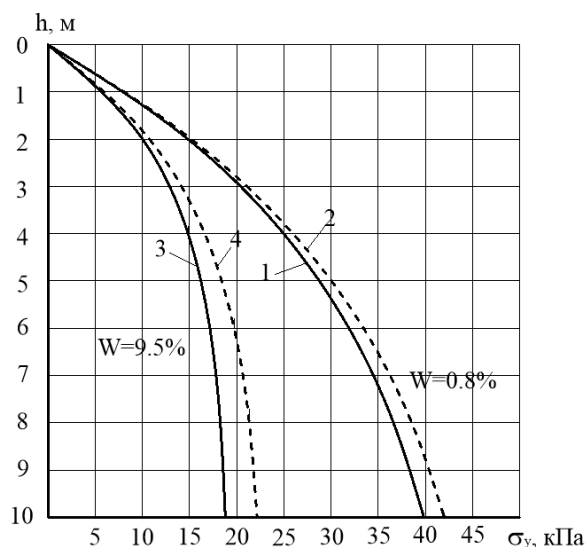


Рисунок 1 – Зависимость величины вертикальных напряжений от высоты слоя углесодержащего материала: 1,3 - по формуле Янсена; 2,4 - по формуле (2)

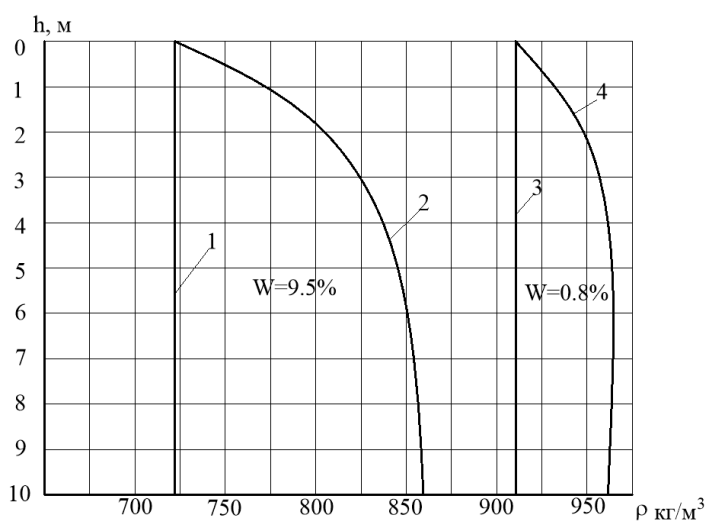


Рисунок 2 – Зависимость объемной плотности слоя углесодержащего материала от высоты слоя: 1,3 - постоянная величина (при $\sigma_y = 0$); 2,4 - рассчитанная по формуле (2)

Получено математическое описание напряженного состояния неподвижного слоя углесодержащего СМ методом плоских сечений, отличающееся тем, что решение исходного дифференциального уравнения равновесия выполнено с учетом переменной объемной плотности горной массы. Показано, что установленные с учетом особенностей переработки углеродсодержащих СМ закономерности формирования полей напряжений и объемных плотностей в неподвижном слое СМ соответствуют экспериментальным результатам.

Библиографический список

1. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел / Г.К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1977. – 256 с.
2. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Каталымов, В.А. Любартович. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
3. Физико – механические свойства угольной шихты ЗСМК в зависимости от влажности и уплотняющего давления / М.Б. Школлер, Ю.Е. Прошунин, В.З. Николаева, Ю.В. Шабаршова // Кокс и химия. – 1988. – №10. – С. 15 – 17.
4. Сухоруков В.И. О плотности угольной загрузки в печных камерах / В.И. Сухоруков, Л.В. Копелиович, Н.С. Грязнов // Кокс и химия. – 1983. – №5. – С. 21 – 24.
5. Влияние размеров печных камер на насыпную массу шихты/ А.А. Лобов, Ю.И. Гречко, В.Я. Михно и др.// Кокс и химия.– 1978.–№6.–С. 12–14.

УДК УДК 622.272 : 504.06

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СОВРЕМЕННОЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА, НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII»

Хабибулова А.Р., Коряга М.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail:Alina22091999@mail.ru*

В статье проведен анализ существующих и перспективных способов и средств утилизации и переработки парниковых газов. Обоснована актуальность их утилизации при интенсивном ведении подземных горных работ. Определено количество выделяемых парниковых газов, в том числе шахтного метана и связанные с этим проблемы изменения экологической и экономической обстановки в регионе.

Ключевые слова: углеродный след, утилизация парниковых газов, «карбонный след», переработка метана.

Появляется все больше научных доказательств того, что изменение

климата – не выдумка. Большинство ученых согласны с тем, что ключевой фактор – это рост уровня парниковых газов в атмосфере. Средняя температура уже сейчас повысилась больше чем на 1°C относительно начала прошлого века. Казалось бы, немного – но это приводит к резким изменениям в погодных условиях, таянию ледников, вечной мерзлоты, наступлению пустынь, подъёму уровня океана [1].

Для исправления ситуации во всем мире наблюдается движение к углеродной нейтральности. Международное внимание к изменению климата, дестабилизации экономической ситуации, роста энергопотребления при ограниченных ресурсах первичных энергоносителей подталкивает горнодобывающую промышленность России к рациональному использованию энергетических ресурсов посредством развития технологий их использования без нанесения вреда окружающей среде.

Метан является одним из основных парниковых газов. Вклад метана в создание парникового эффекта составляет примерно 30% от суммарной величины, принятой для всех парниковых газов. С ростом содержания метана изменяются химические процессы в атмосфере, нанося вред экологии и создавая угрозу жизням людей на Земле [2].

За 2020 г. в РФ было утилизировано с использованием в качестве источника энергии около 54,22 тыс. тонн шахтного метана при выбросах за год порядка 2,6 млн. тонн всеми отраслями угольной промышленности (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Распределение выбросов метана в угольной отрасли [2]

Прогнозные ресурсы метана в основных угольных бассейнах России оцениваются в 83,7 трлн. куб. м, что соответствует примерно трети прогнозных ресурсов природного газа страны. Особое место среди угольных бассейнов России принадлежит Кузбассу, который по праву можно считать крупнейшим из наиболее изученных метаноугольных бассейнов мира. Прогнозные ресурсы метана в Кузнецком бассейне оцениваются более чем в 13 трлн. куб. м (рисунок 2) [3].

83 700 млрд м³ метана
сосредоточено в угольных бассейнах России

В их числе:



Источник: ПАО «ГАЗПРОМ»

Рисунок 2 – Прогнозные ресурсы метана в основных угольных бассейнах России [3]

Для внедрения способов и средств снижения углеродного следа современной угольной шахты в условиях Кузбасса, на примере шахты «Ерунаковская-VIII» предлагается использовать имеющиеся модульные дегазационные установки с последующей переработкой дегазационного метана в мобильной установке для концентрирования дегазационного метана перед использованием в газогенераторных установках или контейнерной теплоэлектростанции. Рассматриваемые площадки внедрения расположены в районе фланговых наклонных стволов шахты и дегазационной станции МДУ-260RB.

Концентрирование метана осуществляется посредством удаления кислорода из дегазационного метана в каталитическом аппарате и азота, двуокси углерода с осушкой – в установке короткоциклового адсорбции (КЦА) [4] на адсорбентах - молекулярных ситах.

Применение данной установки позволяет использовать газонаполнительную компрессорную станцию блочного исполнения для подготовки шахтного метана в качестве компримированного газового моторного топлива. При совместном использовании установки совместно с теплоэлектростанцией позволяет повысить эффективность выработки электрической энергии и снизить количество остановок из-за низкой концентрации метана.

Блок КЦА состоит из, адсорберов, заполненных адсорбентом, избирательно поглощающим N₂, CO₂, и влагу, ресиверов исходного и очищенного природного газа. Десорбция адсорбированных примесей производится снижением давления с последующей продувкой адсорбера.

Система контроля и управления состоит из программируемого логического микропроцессорного контроллера анализа и управления,

контроллера сборщика технологических контролируемых и регулируемых параметров, датчиков измерения: избыточного давления, температуры, содержания CH₄, азота, кислорода и влаги, положения отсечной арматуры.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) управления предназначен для оперативного анализа технологических параметров блока удаления кислорода, блока КЦА, управления электромагнитными клапанами (ЭМК) переключения потоков в адсорберах, штатного и аварийного отключения установки по установленному пользователем алгоритму.

ПЛК обеспечивает по внутреннему протоколу: приём и обработку сигналов состояния клапанов, датчиков газоанализаторов, датчиков давления и температуры в технологическом оборудовании установки. Основные технические характеристики установки представлены в таблице.

Таблица – Технические характеристики установки по переработке шахтного метана

Параметры	Значения
Параметры газа на входе в блок очистки от кислорода: объёмный расход, состав, % об.:	
CH ₄	15,0 – 20,0
N ₂	50,0 – 70,0
O ₂	1,0 – 10,0
CO ₂	0,5 – 5,0
Параметры газа на входе в блок КЦА состав, % об.:	
CH ₄	11,1 – 18,75;
CO ₂	6,1 – 7,29
N ₂	82,7 – 73,96
H ₂ O	насыщенный
Параметры газа на выходе из блока КЦА состав газа, % об.	
CH ₄	не менее 40,0
N ₂	не более 60,0

Таким образом, на основе проведенного анализа, для условий шахты «Ерунаковская–VIII» были разработаны рекомендации для внедрения способов и средств снижения углеродного следа:

- выбран способ использования имеющихся модульных дегазационных установок МДУ-RB;
- последующая переработка дегазационного метана в мобильной установке КЦА для концентрирования дегазационного метана;
- использование чистого метана в газогенераторных установках или контейнерной теплоэлектростанции.

Технология повышения концентрации метана капируемой газовойдушной смеси из горных выработок позволит использовать газонаполнительную компрессорную станцию блочного исполнения для подготовки

шахтного метана в качестве компримированного газового моторного топлива, а при совместном использовании установки совместно с теплоэлектростанцией позволит повысить эффективность выработки электрической энергии и снизить количество остановок из-за низкой концентрации метана.

Отличительная особенность заключается в экономической, экологической и технологической эффективности, так как блок короткоциклового адсорбции КЦА имеет:

- большой диапазон работы от 5 до 100% производительности без изменения энергетических затрат, а, следовательно, и экономических затрат тоже;

- большую гибкость установок, т.е. возможность быстрого изменения режима работы, производительности и чистоты в зависимости от потребности;

- автоматическое регулирование режимов и возможность дистанционного управления, что упрощает обслуживание;

- низкая стоимость установок по сравнению с криогенными технологиями и высокая мобильность;

Внедрение подобных технологий в условиях шахты «Ерунаковская-VIII» может дать существенный экономический эффект для конечного потребителя, обеспечить его качественным, бесперебойным электроснабжением. Полученный чистый метан можно использовать как товарный продукт, или утилизировать в контейнерной теплоэлектростанции для обеспечения шахты и ближайших населенных пунктов без дополнительной подготовки [5].

Переработка метана, как одного из основных парниковых газов, окажет значительное влияние на снижение техногенной нагрузки на окружающую среду и «углеродный след» шахты «Ерунаковская-VIII».

Это повысит инвестиционную привлекательность предприятия в свете отчетности по выбросам парниковых газов и соответствия его требованиям международных требованиям.

Создаст условия для увеличения конкурентных преимуществ позиционирования предприятия по углеродоемкости товаров.

Библиографический список

1. Углеродный след.: [Электронный ресурс] : Сайт АО «АТОМЭНЕРГОСБЫТ» - Режим доступа свободный : https://atomsbt.ru/CO2/index.sync-conflict-20211130-175614-VIAAQYW.php?sphrase_id=73560.

2. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990 – 2020гг. : [Электронный ресурс] : United Nations Framework Convention on Climate Change. - Режим доступа свободный : http://downloads.igce.ru/kadastr/RUS_NIR-2022_v1_rev.pdf.

3. Оперспективах добычи в России угольного газа : [Электронный ресурс] // Сайт ПАО «Газпром». - Режим доступа свободный : <https://www.gazprom.ru/about/production/extraction/metan/>.

4. Установка - короткоциклового адсорбция: [Электронный ресурс] :

Большая энциклопедия нефти и газа - Режим доступа свободный:
<https://www.ngpedia.ru/id548896p1.html>.

5. Лесных А.С. Разработка рекомендаций по использованию шахтного метана в условиях угольных шахт / А. С. Лесных, А. М. Никитина, С. В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 12–14 мая 2021 года. Том Вып. 25. Ч. II. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2021. – С. 105-109.

УДК 622:681.3.07

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАБЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ»

Шинтев И.С., Володина А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В данной статье изложены принципы создания и рассмотрены основные направления использования программы расчета коэффициента влияния горно-геологических условий при переходе разрывного нарушения длинным очистным забоем. По мнению авторов, программа может быть полезна не только в учебном процессе, но и при решении ряда производственных задач.

Ключевые слова: разрывное нарушение, влияние горно-геологических условий, табличный процессор.

Курсом «Технология отработки пологих пластов» предусмотрено выполнение лабораторной работы «Выбор и обоснование параметров перехода разрывных нарушений длинным комплексно-механизированным забоем». Целью работы является выбор и обоснование параметров технологии ведения очистных работ в зоне разрывного нарушения. В связи с необходимостью методического обеспечения данной работы, а также общей актуальностью проблемы оценки переходимости нарушений был разработан методический комплекс на основе табличного процессора Open Office Calc. В качестве критерия оценки эффективности технических решений было принято значение коэффициента влияния горно-геологических условий K_2 . Оценка эффективности технических решений осуществляется в два этапа. На первом этапе в соответствии со схемой на рисунке 1 осуществляется определение основных геометрических параметров, среди которых длина нарушения по лаве и площадь присечки пород кровли и почвы.

На втором этапе осуществляется расчет коэффициента горно-геологических условий на основе методологии, изложенной в [1-3] с уточнениями, приведенными в [4-6]. В качестве управляемых параметров выступают длина очистного забоя, угол встречи очистного забоя с нарушением, мак-

симальная раздвижность механизированной крепи, сопротивление секции и переднего ряда гидростоек, а также ширина захвата очистного комбайна. Для оперативного выполнения расчетов в ходе выполнения лабораторной работы используется электронная таблица, скриншот которой приведен на рисунке 2.

В качестве технических решений выступают выбор оптимальных типоразмера мехкрепя, угла встречи лавы с разрывным нарушением, гидравлического сопротивления стоек, мероприятий по удержанию груди забоя, дополнительного крепления кровли и заполнения вывалов.

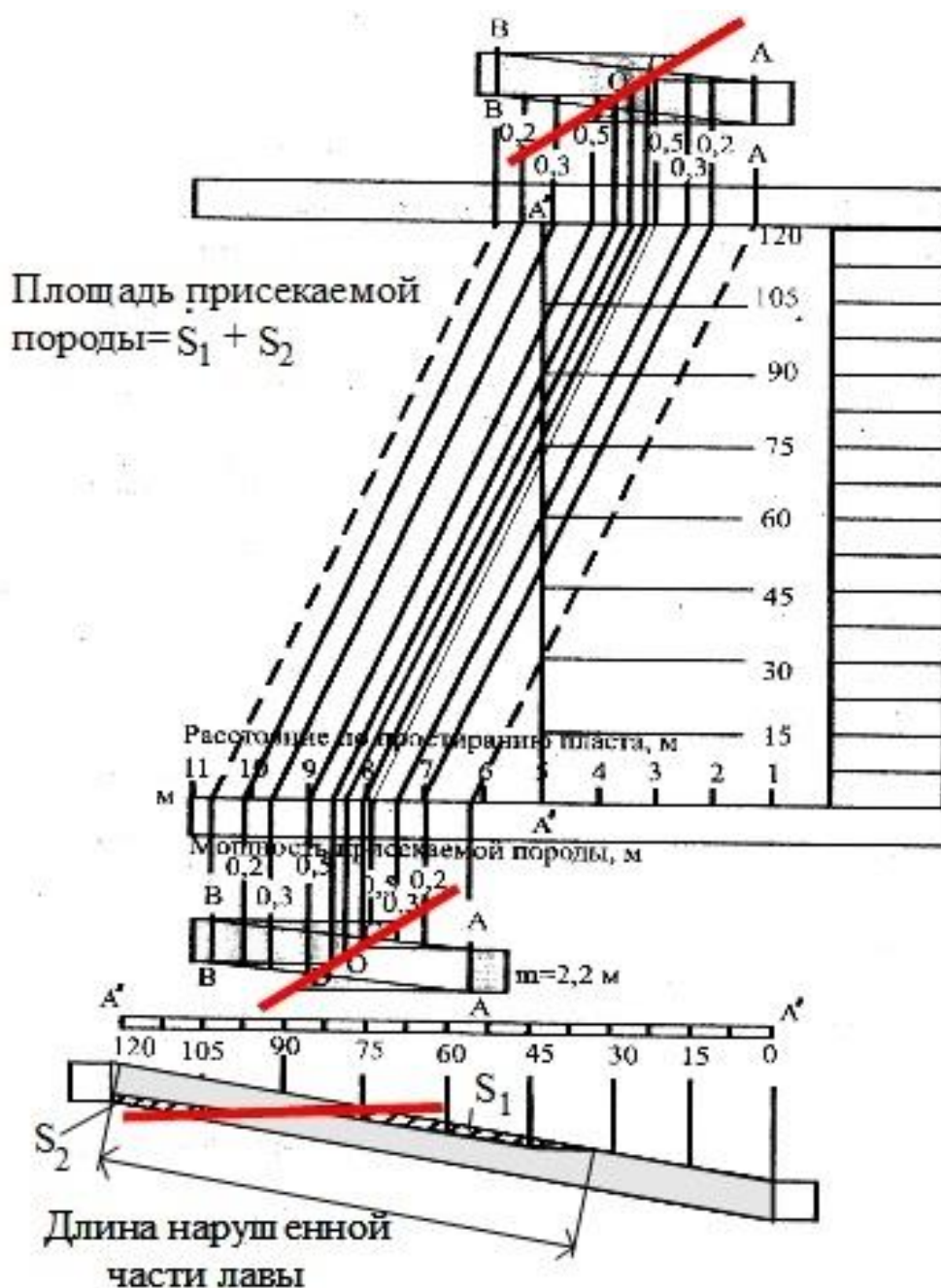


Рисунок 1 – Схема определения геометрических параметров нарушения

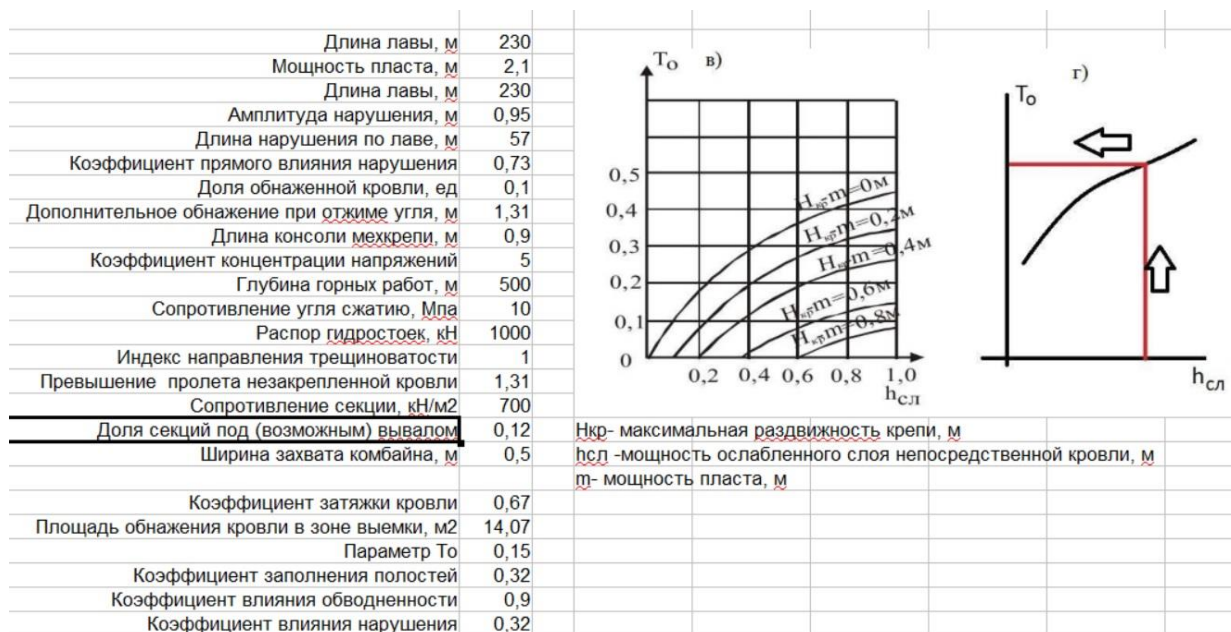


Рисунок 2 – Программа расчета коэффициента влияния горно-геологических условий

Комплекс принятых решений считается удовлетворительным, если при условии переходимости нарушения коэффициент влияния горно-геологических условий составляет не менее 0,5. По мнению авторов, предложенный программный комплекс может использоваться не только в учебном процессе, но и при решении производственной задачи экспресс-оценки целесообразности перехода разрывного нарушения.

Библиографический список

1. Нагрузки на очистные забои действующих угольных шахт при различных горно-геологических условиях и средствах механизации выемки. – Люберцы: ИГД им. А.А. Скочинского, 1996. – 48 с.
2. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах/ ИГД им. А.А. Скочинского. Часть первая: Технологические схемы. М.:Недра, 1979. – 232 с.
3. Нормативы нагрузки на очистные забои и скорости проведения подготовительных выработок на шахтах/ Колл. авт. – Донецк, Изд-во ДонУГИ, 2007. – 41 с.
4. Домрачев А. Н. Сравнительная оценка аналитического расчета и результатов имитационного моделирования нагрузки на длинный комплексно-механизированный очистной забой / А. Н. Домрачев, С. В. Риб // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2016. – № 3(17). – С. 8-10.
5. Домрачев А. Н. Разработка междисциплинарных компьютерных лабораторных работ как основа массового внедрения обучающе-тестирующих систем по направлению подготовки 21.05.04 - Горное дело / А. Н. Домрачев, С. В. Риб // Вестник Сибирского государственного индустриального универ-

ситета. – 2018. – № 3(25).

6. Домрачев А.Н. Моделирование технологической схемы действующей шахты современного технического уровня // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2009. С. 103-107.

УДК 622.234.4

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДЕГАЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА

Шинтев И.С., Коряга М.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: shintev1206@mail.ru*

В статье описываются комплексы мероприятий дегазации, которые предназначены для извлечения газа метана из угольного пласта или породы. Рассмотрены возможные режимы реализации внедрения рабочей жидкости в угольный пласт в процессе ее нагнетания через скважины, пробуренные из подготовительных выработок и специально загерметизированные на определенной глубине поинтервально.

Ключевые слова: пластовая дегазация, метан, технологии гидроразрыва пласта, подземная добыча.

При подземной добыче угля для шахт Кузбасса основные проблемы связаны с газовым фактором. Необходимо обеспечить метанобезопасность горных работ и повысить нагрузку на очистной забой.

Целью настоящей статьи является разработка и оценка результатов шахтных мероприятий усовершенствованной технологии гидроразрыва угольного пласта на базе его гидродинамической обработки для обеспечения безопасной и интенсивной отработки угольных шахт южного Кузбасса.

Для достижения поставленной цели решена задача обоснования перспективы применения пластовой дегазационной подготовки с поверхности с использованием технологии гидроразрыва пласта (ГРП) в составе комплексной технологии угольных шахт Кузбасса.

Методика исследований включает анализ и оценку эффективности дегазационных мероприятий с применением технологии ГРП.

Угольный пласт в качестве объекта дегазации отличается рядом принципиально важных свойств и характеристик, которые необходимо достоверно оценивать в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях [1,2].

Разрабатываемая и внедряемая технология эффективной пластовой дегазации носит в общем случае комплексный характер [3]. Она включает в себя типовую схему предварительной пластовой дегазации разрабатываемых угольных пластов перекрещивающимися скважинами, пробуренными из

подготовительных выработок (ППД).

В состав комплексной технологии входит специальная подготовка разрабатываемого угольного пласта путем его гидродинамической обработки для эффективной дегазации, существенно повышающая низкую природную проницаемость [4].

Положительные факторы увеличения эффективной длины подземных скважин:

- повышение равномерности дегазации выемочного участка;
- повышение приемистости скважин (возможность применения менее мощных насосов).

Отрицательные факторы:

- переход режима гидрорасчленения в режим фильтрации;
- уменьшение фазовой проницаемости угольного пласта для метана без создания дополнительных каналов движения газа;
- необходимость поинтервальной обработки.

Динамика изменения дебита метана из скважин, пробуренных в вентиляционной печи 24-60 с различной эффективной длиной ($L_{эф.} = 110, 70, 35$ и 5 м) во времени представлена на рисунке 1 [4].



Рисунок 1 – Динамика изменения дебита метана из скважин с различной эффективной длиной во времени [4].

Механизм уменьшения метанообильности очистной выработки вследствие проведения комплексной пластовой дегазации, проводимой из подготовительных выработок и достигаемой за счет:

- снижения метаноносности угольного пласта и метановыделения из него при его отработке вследствие интенсивного извлечения метана скважинами ППД из газопроницаемого техногенного коллектора, созданного гидроразрывом, а также замещения метана водой в сорбционном объеме дегазуемого угольного пласта;

- увеличения остаточной газоносности угольного пласта и, как следствие, уменьшения газовыделения из него при отработке вследствие блокирования метана рабочей жидкостью в микропорах и трещинах угольного пласта, проникающей туда за счет сил самодвижения, особенно в

условиях применения нисходящих дегазационных скважин;

– дегазации угольного пласта в пределах выемочного участка подготовительной выработкой вследствие интенсивного притока в нее метана по созданному проницаемому техногенному коллектору.

Установлено увеличение в 2–4 раза дебитов метана и его суммарного съема из скважин подземной пластовой дегазации.

Эффект от применения комплексной технологии пластовой дегазации, включающей достигался за счет следующих факторов [5-7].

1. Снижения природной метаноносности разрабатываемого угольного пласта за счет извлечения газа типовыми пластовыми дегазационными скважинами ППД и скважинами гидроразрыва.

2. Снижения природной метаноносности, подготавливаемого к эффективной обработке угольного пласта в результате выноса из него метана в подготовительную выработку.

3. Повышения остаточной метаноносности угольного пласта вследствие блокирования газа рабочей жидкостью в мельчайших порах и трещинах разрабатываемого угольного пласта.

Предлагаемое решение.

В качестве мероприятий по дегазации пласта предлагается использовать поинтервальный ГРП.

Поинтервальный ГРП рассмотрен на процессе цементирования «хвостовика» и на проведении многостадийного ГРП.

Предлагается система внутрискважинного оборудования для гидроразрыва пласта, которая включает промывочный порт и струйный насос и позволяет осуществить два разных способа ГРП с удалением остаточной жидкости гидроразрыва из скважины после завершения операции ГРП.

Согласно предпочтительным вариантам реализации изобретения, струйный насос и промывочный порт могут быть использованы для очистки области между верхним и нижним пакером. Согласно другим предпочтительным вариантам реализации изобретения, клапанная муфта над верхним пакером может быть использована для очистки области над верхним пакером.

Размещение такой компоновки возможно в скважинах ППД. Перечень оборудования и последовательность его работы предлагается в патенте RU2709892 С1.

После выполнения ГРП предлагаемая система может быть использована двумя разными способами для удаления любой остаточной жидкости гидроразрыва и содержащегося в ней пропанта, по-прежнему находящихся между верхним и нижним пакерами. Оба этих способа включают подачу в скважину жидкости под давлением (чистящей жидкости) для вымывания остатков жидкости гидроразрыва с пропантом, находящейся либо внутри колонны насосно-компрессорной трубы (НКТ) над верхним пакером, либо в интервале скважины, изолированном между верхним и нижним пакерами.

Согласно первому способу, остаточная жидкость гидроразрыва с

пропантом, расположенные между пакерами, выталкиваются в промывочный порт и затем движется по колонне НКТ.

Согласно второму способу пространство между пакерами очищается преимущественно с помощью струйного насоса после проведения гидроразрыва.

Преимуществом предложенной системы является то, что она упрощает удаление компоновки для ГРП из скважины, позволяет сделать это быстро и легко, таким образом ускоряя весь процесс и снижая риск аварийных ситуаций. Система показана на рисунке 2.

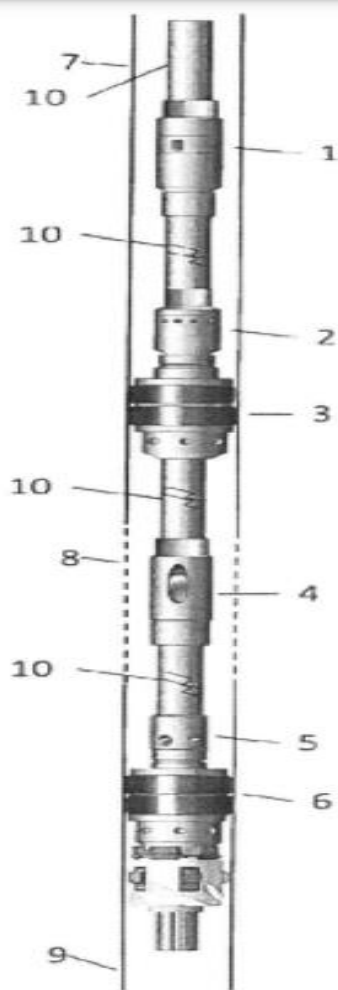


Рисунок 2 - Боковой вид ГРП в скважине [8]

Система гидравлического разрыва пласта размещается в скважине 7. Скважина 7 имеет нижнюю часть (зумпф) 9. Система гидравлического разрыва пласта содержит: продольно расположенную компоновку 10; нижний пакер 6 на продольно расположенной компоновке 10; промывочный порт 5, расположенный над нижним пакером 6; порт ГРП 4, расположенный над промывочным портом 5; верхний пакер 3, расположенный над портом ГРП 4; клапанную муфту 2, расположенную над верхним пакером 3; и вставной струйный насос 1, расположенный над клапанной муфтой 2.

Вывод. Предлагаемый способ гидравлического разрыва пласта и муф-

ты позволит при проведении ГРП не привести к заклиниванию компоновки ГРП, что усложняет ее извлечение после завершения гидравлического разрыва, а позволит удалять ненужную жидкость гидроразрыва с пропантом из скважины для предотвращения проблемы с застреванием.

Библиографический список

1. Коряга М.Г. Методика поисков скоплений метана и выделение площадей перспективных для его промышленной добычи в Южном Кузбассе / М.Г. Коряга, И.И. Сычев. – Москва : Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №3 – С. 380 – 385

2. Алькова Ш. Ю. Пути повышение эффективности применения подземных дегазационных скважин на этапах предварительной и заблаговременной дегазации / Ш.Ю. Алькова, М.Г. Коряга. - Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2021. - Вып. 25, ч. 5 : Технические науки. – С. 372-374.

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, Новокузнецк, 13–15 июня 2018 года / Под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2018. – С. 27-31.

4. Гидрорасчленение угольных пластов для их эффективной дегазационной подготовки через подземные скважины [Текст] / С.В. Сластунов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6. — С. 15–25.

5. Анализ режимов нагнетания рабочей жидкости при применении технологии подземного гидроразрыва [Текст] / С.В. Сластунов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 10. — С. 110—117.

5. Ютяев Е.П. Оценка фильтрационных свойств угля в термодинамических испытаниях дегазационных пластовых скважин / Е.П. Ютяев, А.П. Садов, А.А. Мешков // Уголь, 2017. — № 11. — С.24—29.

7. Шахтные испытания усовершенствованной технологии подземной пластовой дегазации с использованием гидроразрыва [Текст] / С.В. Сластунов [и др.] // Уголь, 2016 — № 11. — С. 32—37.

8. Патент 2709892 Екатеринбург, МПК E21B43/26. Система внутрискважинного оборудования для гидравлического разрыва пласта и осуществляемый с её помощью способ проведения гидравлического разрыва пласта [Текст] / Мари Пасванди; - №131277; заявл. 25.08.2018; опубл. 23.12.2019. – 14 с.; 23 л. ил.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ ВДОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОРОГ

Альвинский Я.А., Григорьев А.А., Мананников С.Д., Никитина О.Ю.

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

В данной статье приведено лабораторное исследование влияния транспортирования горной массы с разреза на погрузочную площадку по технологическим дорогам и дорогам общего пользования. Предложены мероприятия по улавливанию угольной пыли вдоль технологических дорог.

Ключевые слова: экология, техногенные грунты, транспортировка горной массы, пылеулавливание, технологические дороги.

Образование пыли при транспортировке углей приводит к существенному загрязнению окружающей среды, наносит вред экологии региона [1, 2, 4-7]. Повышенные содержания угольной пыли в атмосферном воздухе могут приводить к профессиональным заболеваниям, таким как пылевой бронхит, пневмокониоз и др. Одним из перспективных направлений снижения пыления является использование сетко-тканевых пылеулавливающих завес вдоль технологических дорог. Данная научно-исследовательская работа проведена с целью определения параметров зоны загрязнения угольной пылью при транспортировке полезного ископаемого по технологическим дорогам и дорогам общего назначения, а также для разработки комплекса мероприятий по борьбе с пылью. В качестве объекта исследования используется участок технологической дороги вблизи поселка Елань и станции Разъезд Абагуровский. На участке технологической дороги и некотором расстоянии от нее были взяты 12 проб грунта. Места расположения точек взятия проб указаны на рисунке 1.

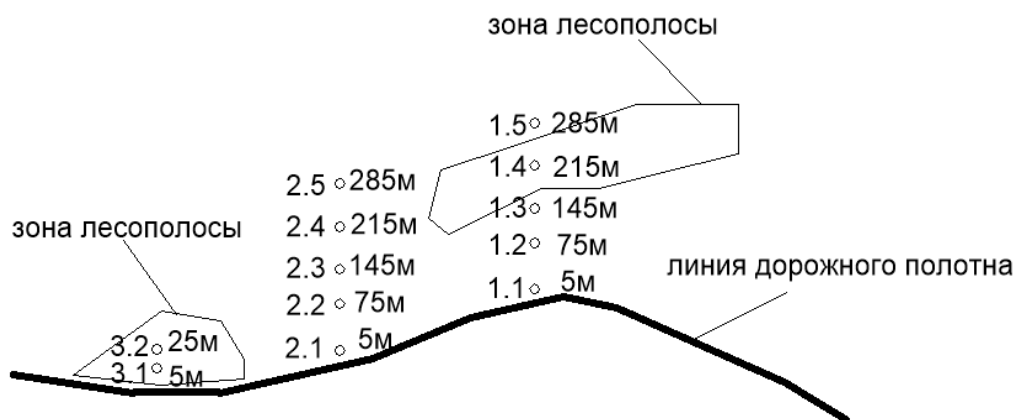


Рисунок 1 – Схема исследования участка технологической дороги

При детальном рассмотрении участков апробирования можно видеть, что участки 1 и 2 с приблизительно равной протяженностью имеют схожий рельеф, но различны по наличию защитной лесополосы.

На участке 1, на расстоянии примерно 190 метров от дороги имеется лесополоса. На участке 2 на протяженности 300 метров не встречается сплошной лесополосы и высоких деревьев.

Проведен анализ проб почвы [3] в лаборатории ФГБОУ ВО «Сиб-ГИУ», таблица 1. Результаты исследования представлены в виде графика на рисунке 2.

Таблица 1 – Результаты рентгеноспектрального анализа проб грунта на содержание углерода, С, %

№ пробы	Массовая доля элементов, %
заказч	С
1.1	42,27
1.2	14,28
1.3	9,27
1.4	2,56
1.5	1,43
2.1	45,53
2.2	13,93
2.3	8,92
2.4	5,33
2.5	3,31
3.1	50,54
3.2	2,92

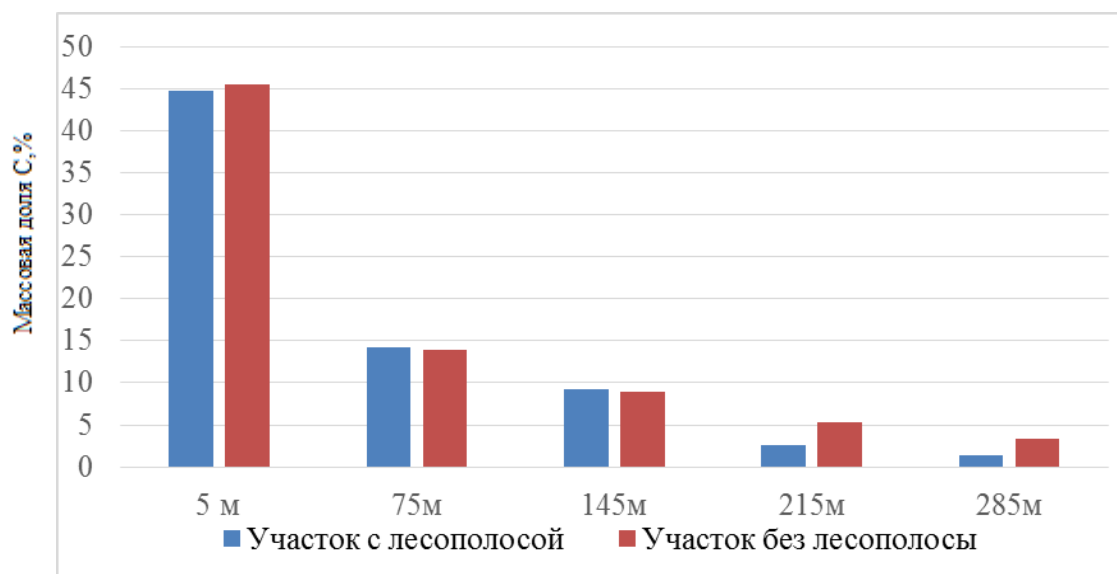


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика распределения угольной пыли на участках 1 и 2

Проведенные исследования подтверждают влияние лесозащитной полосы на процесс распространения пылевого облака частиц, а также в качественном использовании их для санитарно-защитных зон. Выявлено, что лесозащитная полоса обладает наибольшей эффективностью для снижения доли частиц от перевозки полезного ископаемого, достигающих конца расчетной области.

Рекомендуемые мероприятия по борьбе с распространением пыли на технологических дорогах представлены ниже.

Существующие мероприятия по пылеподавлению.

1. Орошение дорожного полотна – эффективный способ борьбы с пылеобразованием, имеющий ряд недостатков таких как:

- образование наледи на дорожном покрытии при перепаде от положительных температур к отрицательным;
- размывка и разрушение дорожного полотна;
- появление скользкого слоя, препятствующего нормальному движению техники;
- грязевые образования на дорожном полотне, влияющие на скорость движения и загрязнения техники.

2. Создание защитной лесополосы – помогает предотвратить распространение пыли, снижает уровень шума, является средством снегозадержания, но имеет ряд недостатков:

- длительное время создания;
- высокая цена на посадку деревьев;
- плохая приживаемость деревьев в различных условиях местности;
- требования по уходу за саженцами и деревьями;
- возможность возгорания.

3. Переход от грунтовых дорог к асфальтированным или асфальто-бетонным – значительно снижает пылеобразование от дорожного покрытия, создает благоприятные условия для движения автотранспорта в различных погодных условиях, но имеет ряд недостатков:

- необходимость орошения дорожного покрытия в период высоких температур;
- высокая цена строительства и ремонта дорожного покрытия

4. Создание орошаемых пылеулавливающих завес – эффективность способа достигается налипанием пыли на возведенное сетко-тканевое ограждение с системой орошения, рисунки 3 и 4.

Рекомендуемый способ совмещает в себе достоинства орошения дорожного полотна и создания защитной лесополосы, а именно:

- высокая скорость возведения;
- невысокая цена возведения, по сравнению с созданием защитной лесополосы и асфальто-бетонных дорог;
- частичное шумоподавление;



Рисунок 3 – Схема возведения пылеулавливающей завесы

- снегозащита дорожного полотна в зимний период;
 - снижение риска появления животных на дорожной полосе.
- К недостаткам данного способа относятся:
- создание насосно-оросительных станций;
 - периодическая замена и ремонт полотна сетко-тканевой завесы.

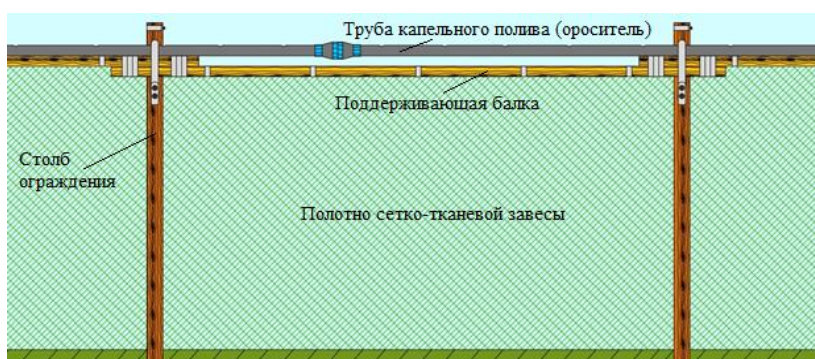


Рисунок 4 – Устройство сетко-тканевой пылеулавливающей завесы

На данном участке технологической дороги рекомендуется применение системы пылеулавливания путем создания сетко-тканевых пылеулавливающих завес с системой орошения вдоль участков технологической дороги, на которых отсутствует защитная лесополоса.

Библиографический список

1. Шеховцов А.И. Определение факторов, влияющих на начальный этап цепи поставок угля / А.И. Шеховцов, Я.А. Шашкова // Сборник научных трудов ДонИЖТ. 2016. №43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-faktorov-vliyayuschih-na-nachalnyy-etap-tsepi-postavok-uglya>.
2. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс] Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data1/52/52471/index.htm>.
3. ГОСТ 30416–2012. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – М., 2013.
4. 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.
5. Разработка мероприятий по совершенствованию системы приемки, погрузки и отправки угольной продукции потребителям / Е. Н. Куликова, А.

М. Никитина, С. В. Риб, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 01–03 июня 2016 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Сибирский государственный индустриальный университет. Том Часть III. Выпуск 20. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2016.

6. 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. Сибирский государственный индустриальный университет; под общественной редакцией М.В. Темлянцева. 2019. С. 96-100. – URL: <http://library.sibsiu.ru>

7. Разработка технических решений по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок угольных шахт // Секингер Н.Ю., Никитина А.М., Риб С.В., Коряга М.Г. / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией М.В. Темлянцева. 2020. С. 62-66.

УДК 622.817.3:234.573

АППАРАТ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РЕЗКИ МАССИВА ПОРОД И РАСШИРЕНИЯ СКВАЖИН

Альвинский Я.А. Григорьев А.А. Мананников С.Д., Никитина А.М.

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

В данной статье проведен анализ аппаратов расширения скважин, рассмотрены способы увеличения коэффициента дегазации, предложено техническое решение по их усовершенствованию созданием гидравлического аппарата расширения скважин.

Ключевые слова: расширение скважин, раздвижные скважинные расширители, интенсификация метана, дегазация, метаноотдача.

Повышение эффективности работы угольных шахт в современных условиях связано с ростом нагрузок на очистной забой, которые могут сдерживаться в связи с увеличением притоков метана [1,4-6]. По мере углубления горных работ ситуация осложняется вследствие повышения газоносности угольных пластов. Обеспечение безопасности горных работ является важнейшим условием эффективной отработки угольных месторождений на сегодняшний день, поэтому разработка новых или усовершенствование существующих технологий дегазации пластов с помощью внедрения нового способа и оборудования для этих целей является весьма актуальным.

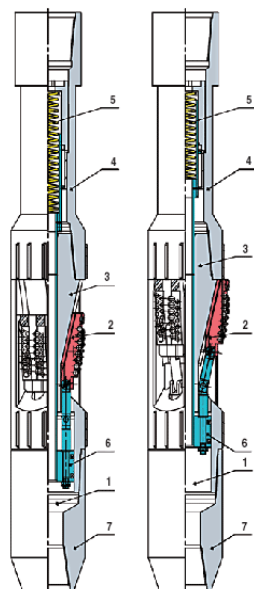
Основными требованиями к новым способам дегазации являются их стоимость и эффективность. Классические методы дегазации бурением сетки

скважин не дают необходимого эффекта из-за малой плотности дегазационных скважин в выемочном столбе и низкой интенсификации метаноотдачи угольного пласта по скважинам малого диаметра.

Для повышения коэффициента дегазации необходимо увеличить площадь обнажения или разрыхления угольного пласта. Этого можно добиться увеличением количества скважин, их площади или гидроразрывом пласта. Уплотнение сетки скважин, незначительно повысит площадь обнажения и не даст необходимого эффекта дегазации. Гидроразрыв пласта теоретически намного более эффективнее, но на практике за процессом гидроразрыва невозможно осуществлять контроль и в некоторых случаях его эффективность значительно снижается и практически равна дегазации обычными скважинами.

Предлагается создание нового способа эффективной дегазации посредством видоизмененных скважин, которые повысят интенсификацию метаноотдачи угольного пласта за счет повышения газопроницаемости путем увеличения площади сечения отдельных участков скважин. Увеличение площади сечения скважин можно добиться увеличением диаметра бурового инструмента или применением скважинных расширителей.

Как показывает практика применения скважинных расширителей на нефтяном и газовом промысле, способ является довольно действенным, но имеет ряд недостатков, таких как ограниченность размеров расширения, долговечность агрегата и возможность его применить на угольных месторождениях. Применяемые на промысле расширители создают в горных породах полости большого объема со сравнительно небольшими площадями обнажения из-за конструктивных особенностей агрегата, представленных на рисунке 1 [2].



(а – в транспортном положении; б – в рабочем положении) 1 – гидрокамера; 2 – плашка с резцами PDC; 3 – корпус; 4 – верхний переводник; 5 – пружина; 6 – поршень; 7 – нижний переводник [2]

Рисунок 1 - Расширитель раздвижной РРМ 216/240

Представленный агрегат создает небольшие расширения скважин, очень малой площади обнажения, применение которых для дегазации угольных пластов не принесет эффекта. Для создания полостей большего объема применяют расширители схожей конструкции, представленные на рисунке 2 [3]. Данный агрегат применяется на мягких породах создавая цилиндрические или полусферические расширения диаметром до 600 мм. применение данного агрегата для расширения скважин в угольном пласте теоретически повысит коэффициент дегазации, но при расширении этим методом возникнет большое количество буровой мелочи- повышение потерь полезного ископаемого.

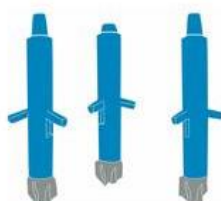
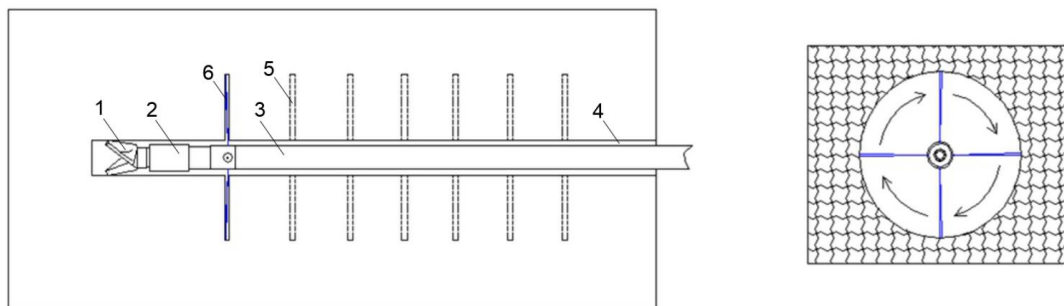


Рисунок 2 - Расширитель скважин для мягких и средних пород [3]

Поставленная задача заключается в создании инструмента способного образовать полости максимально возможной площади обнажения при минимальном ее объеме. Такими характеристиками обладает форма «диск». Для нарезки дискообразных полостей предлагается создание гидравлического расширителя. Метод нарезки полостей таким инструментом заключается в возможности резания горных пород струями воды высокого давления с вращением агрегата в полости скважины (рисунок 3).



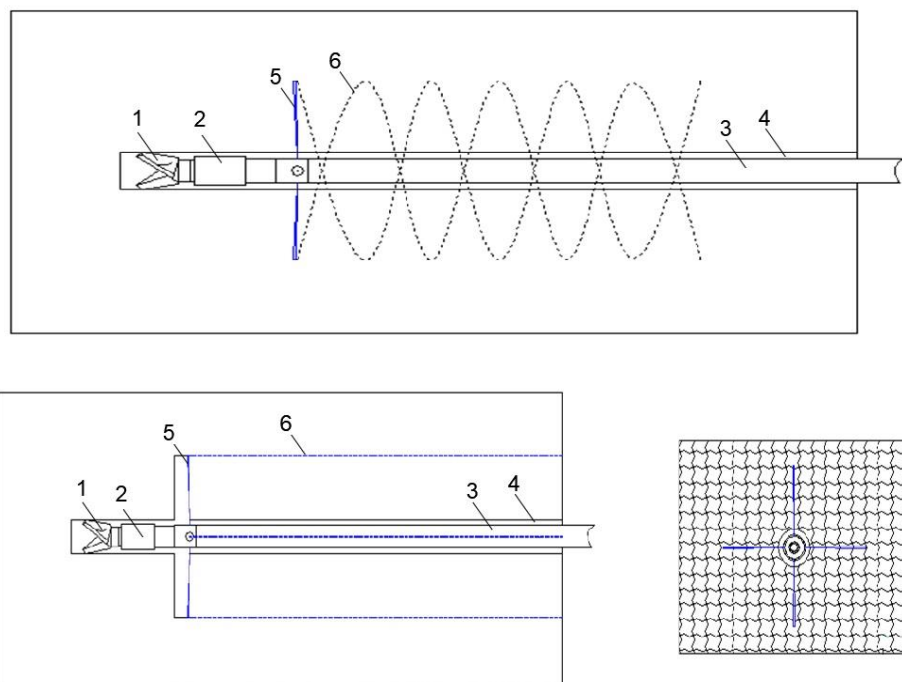
- 1 – буровая коронка; 2 – аппарат гидравлической резки; 3 – буровая штанга;
4 – скважина; 5 – нарезаемая полость; 6 – струя воды

Рисунок 3 - Схема нарезки дискообразных полостей

Аппарат предусматривает резку массива обратным ходом, то есть после бурения скважины, когда рабочий орган извлекают из скважины, попутно осуществляют резку. Преимуществом данного способа является его универсальность, так как он не имеет ограничений по прочности и вязкости пород, а также по диаметру создаваемых полостей, так как эти показатели зависят только от подаваемого в аппарат давления рабочей жидкости.

Применение данного аппарата не ограничивается дисковым способом

резки массива. Возможности инструмента позволяют производить крестовую (звездообразную, в зависимости от числа форсунок) резку массива путем его извлечения - отдаления от забоя скважины, без вращения бурового инструмента, представленную на рисунке 4. При совмещении вращательного и поступательного движения появляется возможность создания спиралевидных разрезов массива (рисунок 4) или же размыва полостей цилиндрической формы. Также планируется применение данного аппарата расширения скважин и полостей различного назначения, размыва грунтов, а также и гидравлической добычи растворяемых в воде полезных ископаемых.



1 – буровая коронка; 2 – аппарат гидравлической резки; 3 – буровая штанга;
4 – скважина; 5 – струя воды; 6 – траектория движения

Рисунок 4- Крестовая и спиральная схемы резки:

Применение гидравлического расширителя повысит площадь обнажения и интенсификацию метаноотдачи угольного пласта. За счет повышения газопроницаемости пласта планируется повышение метаноотдачи. Способность данного инструмента создавать дискообразные полости положительно скажется на добычных показателях угольных шахт, снизит количество буровой мелочи в сравнении с механическими раздвижными расширителями. Применение жидкости для резания создает возможность применения агрегата как на мягких и вязких породах, так и на породах с высокой крепостью.

Библиографический список

1. Выбор и обоснование алгоритма моделирования работы длинного очистного забоя с учетом влияния неравномерности метановыделения / А.Н Домрачев, С.В. Риб, А.М. Никитина // Вестник СибГИУ. – 2017. – № 1 (19). - С. 44-45.

2. Бурение и нефть: Инструменты для разобщения пластов [Электронный ресурс]: сайт.– Режим доступа <https://burneft.ru/archive/issues/2014-06/8>

3. Раздвижные расширители [Электронный ресурс]: сайт.– Режим доступа <https://drillmarket.ru/shop/rasshiriteli-skvazhiny/razdvizhnye-rasshiriteli/>

4. Каркашадзе Г.Г., Хаутиев А.М.-Б., Садов А.П. Способ определения длины пластовых дегазационных скважин в процессе пневматического воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: – 2015. – № 4. –С. 255– 260.

5. Никитин А.И. Универсальный автоматизированный учет измерения длины дегазационных скважин / А.И. Никитин, С.В. Риб, А.М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Вып. 22. Часть II. Естественные и технические науки. / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 80–83.

6. Найданова А.В. Повышение эффективности дегазации путем увеличения газоотдачи угольного пласта / А.В. Найданова, С.В. Риб, А.М. Никитина // 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. 18–21.

УДК 622.235

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ КОЛЕБАНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ПАДАЮЩЕГО ГРУЗА

Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: denisden2002@gmail.com*

В статье приводятся результаты измерения скорости колебаний поверхности стенда сейсмометром ZET 7156 от массы падающего груза, получена зависимость скорости колебаний от расстояния до места регистрации падения груза.

Ключевые слова: лабораторные испытания, сейсмоприемники, колебания поверхности, методика измерений, стенд, расстояние до прибора.

Для определения скорости колебаний поверхности стенда от расстояния до падающего груза в лабораторных условиях был собран стенд: на столе была установлена сейсмостанция ZET 7156 и линейки для измерения расстояния до сейсмоприемника и высоты сброса груза. Груз массой 200 г сбрасывались с высоты 20 см на расстоянии 50, 40, 30 и 20 см от сейсмоприемника.

Для определения скорости колебаний использовалась переносная сей-

сместанция с цифровым виброметром ZET 7156 и интеллектуальным преобразователем ZET 7434 [1]. Регистрация поверхности стенда основана на записи цифровых данных на персональный компьютер (ПК) по методике, которая используется для определения скорости сейсмические колебания земной поверхности в результате проведения массовых взрывов. Технические характеристики виброметра интеллектуального цифрового ZET 7156 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики виброметра интеллектуального цифрового ZET 7156

Наименование	Величина по ТУ
Измеряемая физическая величина	виброскорость
Количество осей	3 (X, Y, Z)
Частотный диапазон чувствительного элемента	от 0,3 до 500 Гц
Диапазон измерений	от 0,0005 до 500 мм/с
Частота оцифровки данных	50, 100, 200, 500, 1000 Гц
Интерфейс передачи данных	CAN 2.0
Скорость обмена	100, 300, 1000 кбит/с
Габаритные размеры	140×50×24 мм
Масса	500 г

Блок – схема методики регистрации и обработки сейсмических колебаний с применением цифрового сейсмометра ZET 7156 приведена на рисунке 1.

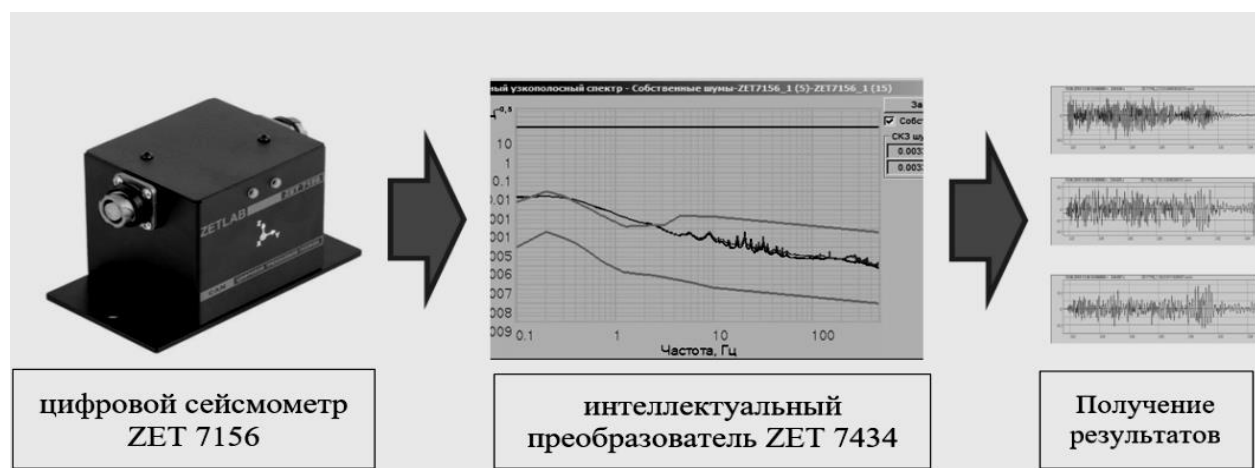


Рисунок 1 – Блок – схема методики регистрации сейсмических колебаний с применением цифрового сейсмометра ZET 7156

Производилось сбрасывание каждого груза по три раза. Фиксировалась вертикальная составляющая скорости колебаний. По сейсмограмме определялась максимальная величина. Среднеквадратичное отклонение изменялось от 0,026 до 3, дисперсия от 0,162 до 1,73. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерений скорости колебаний поверхности стенда от падения грузов на различном расстоянии

№ опыта	Максимальная скорость вертикальных колебаний поверхности от расстояния падения грузов, мм/с			
	50 см	40 см	30 см	20 см
1	2	6	12	17
2	3	8	11	18
3	2	6,5	11	17
4	2	7	11	16
5	3	7	12	16
6	3	8	11	17
Среднее значение	2,5	7,1	11,3	16,8

По полученным данным построен график максимальной величины скорости колебаний от расстояния до места замера, представленный на рисунке 2. Исходя из того, что амплитуда скорости колебаний зависит от величины кинетической энергии падающего груза и должна быть равна потенциальной энергии и иметь прямо-пропорциональную зависимость от расстояния до места замера. Так как в испытаниях груз сбрасывался с одной высоты, то должна быть прямо-пропорциональная зависимость расстояния от места сброса груза до датчика замера. На приведенном рисунке видно, что график имеет легкую параболическую зависимость. В сравнении с прямо-пропорциональной зависимостью достоверность аппроксимации составляет 0,9916.

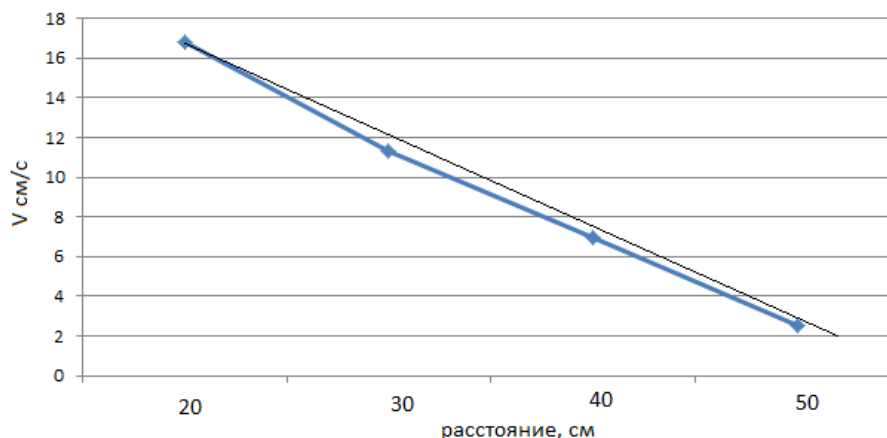


Рисунок 3 – Зависимость средней величины вертикальной составляющей скорости колебаний поверхности стенда от расстояния до груза

По графику видно, что с увеличением массы груза, падающего с одинаковой высоты и на одинаковом расстоянии от точки нахождения сейсмоприемника, амплитуда скорости колебаний поверхности стенда увеличивается.

На рисунке 4 представлены примеры сейсмограмм скорости колебаний поверхности от падения грузов с массами 30 грамм, 200 грамм и 250 грамм.

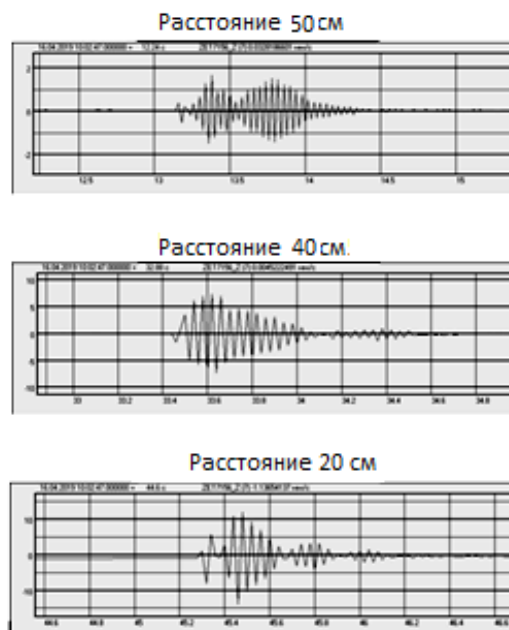


Рисунок 4 – Сейсмограммы скорости колебаний поверхности от падения грузов на расстояниях от прибора на 50, 40 и 20 см

Выводы

По результатам испытаний сделан вывод, что при сокращении расстояния от места замера прибором ZET 7156 от 50 до 20 см, при прочих одинаковых условиях, амплитуда колебаний поверхности будет увеличиваться близко к прямо-пропорциональной зависимости от массы груза. Отклонение фактического значения, полученного в лабораторных условиях от расчетной величины составляет менее 5 %, что соответствует допустимой погрешности при проведении лабораторных исследований.

Результаты проведения исследований сейсмической активности при массовых взрывах разрезов Кузбасса с регистрацией скорости колебаний земной поверхности соответствует требованиям нормативной литературы по регистрации и мониторингу технологических процессов на открытых горных работах [2-4].

Сходимость результатов лабораторных исследований доказывает возможность интерполяции фактических замеров, полученных при регистрации прибором ZET 7156 на иные расстояния до социальных построек, расположенных в зоне влияния массового взрыва на угольных разрезах.

Библиографический список

1. Методическое пособие «Руководство по учету сейсмических исследований при мониторинге техногенного воздействия на земную поверхность приборами категории Zet Lab». Москва, 2021. – 288 с.
2. Сравнение методик замера сейсмических колебаний земной поверхности от массовых взрывов / М.А. Климкин, А.А. Семин, В.Е. Апёнкин, Д.А. Агеев // Сб. трудов наука и молодежь: проблемы, поиски, решения технические науки часть 1. Труды Всероссийской научной конференции студентов,

аспирантов и молодых ученых 11 – 15 февраля 2019 г. выпуск 23, с. 121-125.

3. РСН РБ-006-98 Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ. Введены в действие 01.07.1999 г. Утверждено Постановлением Госатомнадзора России от 29 декабря 1998 г. N 3.

4. ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 июля 2017 г. N 721-ст

УДК 622.2.012:004.9

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ И КОРРЕКТИРОВКА ПАСПОРТА БВР НА РАЗРЕЗЕ «МЕЖДУРЕЧЬЕ»

Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: denisden2002@gmail.com*

В представленной статье приведены примеры расчета безопасных расстояний по сейсмическому воздействию и ударно-воздушной волны массовых взрывов, приведены результаты фактической работы при отработке АО «Междуречье» открытым способом, значение максимальных скоростей колебания земной поверхности в жилой зоне и зоне технических построек.

Ключевые слова: массовый взрыв, сейсмические колебания, амплитуда, допустимые скорости колебаний, параметры БВР, эффективная забойка.

Открытый способ добычи угля получил широкое распространение благодаря своим преимуществам перед подземной добычей. Работа на разрезе безопаснее и комфортнее, меньше вредных газов и используется естественное освещение.

С увеличением числа угольных разрезов в Кузбассе повышаются объемы вскрышных работ, взрывааемых ВВ. Открытие новых предприятий неизбежно приводит к приближению горных работ к населенным пунктам с ростом риска опасности сейсмического воздействия и ударно-воздушной волны при массовых взрывах. Самая сложная ситуация сейчас в центре угледобычи – Кузбассе, где не угасает конфликт между местным населением и угольными предприятиями. В настоящее время население жилого сектора объектов, расположенных не только в непосредственной близости от участков открытых горных работ, но и находящихся на значительном удалении от них испытывают негативные влияния горных работ угольных предприятий. Массовые взрывы на угольных разрезах выполняются на основании требований «Единых правил безопасности при взрывных работах» [1], в соответствии с типовыми проектами производства буровзрывных работ.

В расчетах учитывают как параметры заряжаемого блока, так свойства грунтов в основании охраняемых объектов (зданий, сооружений и др.), со-

стояние и значимость этих объектов. Расстояния, на которых колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда взрывчатых веществ, становятся безопасными для зданий и сооружений при расчетном расстоянии.

Скорость колебаний земной поверхности от массовых взрывов U , см/с определяется по формуле [2]:

$$U = \sqrt[4]{N} * K_1 * K_2 * K_3 * \frac{\sqrt[3]{Q}}{R}$$

где R – безопасное расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м;

K_1 – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания или сооружения (таблица 1);

K_2 – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки (таблица 2);

K_3 – коэффициент, зависящий от условий взрывания (таблица 3);

Q – масса заряда, кг;

N – количество одновременно (без замедления) взрываемых групп зарядов взрывчатых веществ.

Таблица 1 – Значения коэффициента K_1

Скальные ненарушенные породы	5
Скальные нарушенные породы, слой мягких грунтов	8
Песчаные и глинистые грунты мощностью более 10 м	12
Почвенные грунты с высоким уровнем обводненности	15
Водонасыщенные грунты	20

Таблица 2 – Значения коэффициента K_2

Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным каркасом	1
Одиночные здания высотой не более 3-х этажей с кирпичными стенами	1,5
Небольшие жилые постройки сельского назначения	2

Сейсмическая безопасность зданий и сооружений при взрывах предполагает отсутствие повреждений, нарушающих нормальное их функционирование и вероятность появления в отдельных зданиях и сооружениях легких повреждений составляет не более 0,1).

Таблица 3 – Значения коэффициента K_3

Камуфлетный взрыв на рыхление	1
Взрыв на выброс	0,8
Встречный взрыв полууглубленного заряда	0,5

При наличии повреждений в зданиях (трещин в стенах и т.п.) безопасные расстояния, определенные по этим формулам, должны быть увеличены. Это увеличение устанавливается по заключениям специализированных организаций. При отсутствии таких заключений безопасные расстояния должны быть увеличены не менее чем в 2 раза. Следует отметить, что расчет безопасных расстояний по приведенным формулам не учитывает такие энергетические параметры взрываемых ВВ, как теплота взрывчатого превращения, скорость детонации, плотность ВВ. Эти параметры, другие условия взрывания, не предусмотренные [1], а также такие факторы, как направленность сейсмического действия группы зарядов большой протяженности, наличие повреждений зданий при повторяющихся взрывах, необходимо учитывать при определении безопасных расстояний для зданий и сооружений уникального характера (башни, высотные здания, монументальные общественные здания и т.п.) и для ответственных и сложных инженерных сооружений (мосты, реакторы различного назначения, гидротехнические сооружения, радиомачты и т.п.). Безопасность таких объектов осуществляется исходя из расчетов, проводимых по специальным методикам [3-6].

Введенные санкционные ограничения на непродолжительный период ограничили возможность применения неэлектрического способа взрывания и возвращение к практике детонирующего шнура.

Безопасное расстояние по сейсмическому воздействию сокращается на 30 %, что подтверждается фактическими замерами, а воздействие ударно-воздушной волны увеличивается на 45 %. При использовании в схеме монтажа взрывной сети поскважинного замедления необходимо производить дополнительный расчет фактического времени подхода инициирующего импульса, для определения максимально допустимого количества скважин одного замедления.

Выбор схемы взрывания имеет определяющее значение. Перед руководством АО «Междуречье» стоит задача оптимального выбора параметров взрыва с использованием взрыва на выброс и применения полууглубленного заряда в скважинах (рисунок 1) для снижения сейсмического воздействия взрыва и уменьшения влияния ударно-воздушной волны

В ходе анализа ведения взрывных работ на разрезе «Междуречье» установлены следующие зависимости:

- с увеличением абсолютного расстояния до взрыва максимальная скорость сейсмических колебаний экспоненциально уменьшается;

- с увеличением абсолютной массы ВВ во взрыве максимальная скорость сейсмических колебаний увеличивается;

- использование способа взрывания «взрыв на выброс» снижает степень сейсмических колебаний на 22-27 %, снижает воздействие ударно-воздушной волны на 17 %;

- использование способа взрывания «встречный взрыв полууглубленного заряда» снижает степень сейсмических колебаний на 40-50 %, снижает воздействие ударно-воздушной волны на 22 %;

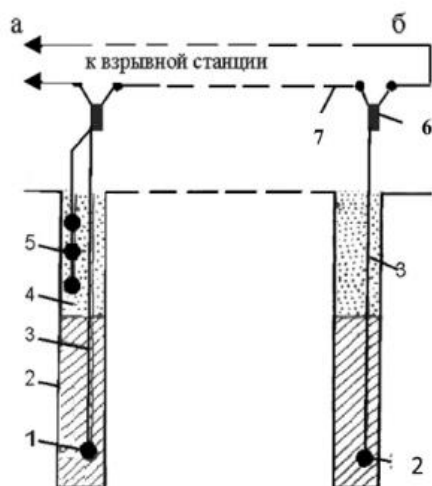


Рисунок 1 - Схема формирования конструкции активной забойки скважинных зарядов ВВ на открытых горных работах: с активной забойкой (а); с обычной забойкой (б); 1 – основной заряд ВВ, 2 – боевик, 3 – ДШ, 4 – инертная забойка, 5 – заряды ВВ, 6 – электродетонатор, 7 – магистральный провод

Полученные зависимости не противоречат общепринятым положениям и соответствуют теоретическим представлениям сейсмических колебаний от взрывов.

Таким образом, влияние расстояния и объема взрывчатых веществ при ведении массовых взрывов на близлежащие здания и сооружения соответствует следующей зависимости: максимальная скорость сейсмических колебаний с увеличением абсолютной массы и уменьшением расстояния до зданий и сооружений не должно превышать 0,5 значения по модулю, что в 4 раз меньше требуемых максимальных значений. При приближении горных работ к г. Междуреченск сейсмические колебания будут увеличиваться, рекомендуется снижать абсолютную массу взрывчатых веществ на взрыв, а также в одной ступени замедления. Рекомендуется при планировании взрывных работ проводить предварительные расчёты ожидаемых смещений, для этого использовать монограмму ожидаемых амплитуд и скорости колебаний при массовом взрыве. Рекомендовано применять на разрезе АО «Междуречье» использовать способ взрывания «встречный взрыв полууглубленного заряда». Определять безопасные расстояния от планируемого места взрывов и рассчитывать вероятные последствия негативного влияния от сейсмических воздействий техногенного характера. Проводить корректирующий расчет количества одновременно взрывааемых скважин каждого замедления для определения наиболее оптимального показателя, снижающего негативные факторы массовых взрывов.

Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения" (Зарегистрировано в

Минюсте России 25.12.2020 N 61824).

2. ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 июля 2017 г. N 721-ст.

3. РСН РБ-006-98 Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ Введены в действие 01.07.1999 г. Утверждено Постановлением Госатомнадзора России от 29 декабря 1998 г. N 3.

4. Определение критических параметров колебаний охраняемых объектов при взрывном дроблении фундаментов и обрушении зданий при реконструкции. РТМ 36.22.91/ Сост. Л.М. Глозман, Н.А. Маковская, В.О. Изюфов и др. [Текст]. - М.: Недра, 1982.

5. СНиП 2.01.07-85 с изменениями №2, утвержденными Госстроем России постановлением №45 от 29.05.2003 г. Нагрузки и воздействия.

6. Методическое пособие «Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании сооружений». Москва 2016. – 288 с.

УДК 622.271

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ СИБГИУ НА РАЗРЕЗЕ АО «МЕЖДУРЕЧЬЕ» «НОВАЯ ГОРНАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ»

Апенкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: denisden2002@gmail.com*

В данной статье приводится технология по цифровизации производственных процессов бурения скважин для взрывания рабочего блока, а также определения рационального режима работы карьерного автотранспорта на разрезе АО «Междуречье». На базе институтов СибГИУ (горного дела и геосистем, информационных технологий и автоматизированных систем) разработаны компьютерные программы мониторинга и накопления режимов работы предприятия на особо ответственных участках.

Ключевые слова: открытые горные работы, угольный разрез, буровзрывные работы, транспортировка породы автомобильным транспортом, цифровизация результатов мониторинга, «цифровой двойник».

Современные требования и вызовы обязывают ВУЗы в соответствии с техническим прогрессом развивать автоматизированные системы управления горным производством. Прогресс не стоит на месте. Внедрение инновационных программ с цифровой трансформацией глобального производства требует большого числа высококвалифицированных программистов, объединенных в один штаб управления и четким направлением к достижению конечной цели. Для реализации глобального проекта необходим неограниченный штат профессионалов, оснащенных самым современным оборудованием, что сегодня

для университета почти невозможно. Для реализации проекта необходимо привлекать специалистов из многих областей для достижения наилучшего результата. Нужно учитывать тот факт, что общие затраты могут во много раз превышать ожидаемые результаты от проведенной работы.

Авторами статьи предлагается новый путь для решения поставленных задач. Студентам института горного дела и геосистем необходимо рассмотреть отдельные, наиболее затратные процессы работы горнодобывающих предприятий и найти способы создания «цифрового двойника» отдельной структурной части предприятия для оптимизации затрат и выбора наиболее рационального варианта, пригодного для учебного процесса по дисциплине «Технология отработки запасов угля открытым способом». Предлагается на базе кафедры открытых горных работ и электромеханики вуза совместно со студентами института информационных технологий и автоматизированных систем СибГИУ при тесном взаимодействии со специалистами угольных предприятий создать экспериментальный цифровой макет отдельной части предприятия для контроля эффективности принимаемых технических решений.

На основании проведенного анализа работы угольных разрезов определены основные проблемы:

- высокие затраты на буровзрывные работы;
- отсутствие автоматизации транспортного производства.

Работа по уменьшению расходов в данном направлении является первым пунктом начальной стадии к созданию «цифрового двойника» производства, т.е. создания ситуационной модели развития предприятия на основе математического моделирования. Целью проекта является оптимизация объемов планируемых инвестиций при заданных конкретных параметрах доходности и установленных критериях качества продукта и услуг.

На начальном этапе предлагается рассмотреть возможность внедрения системы контроля транспорта, а также сравнить ожидаемую эффективность от внедрения автономного процесса буровзрывных работ с предстоящими финансовыми затратами на разрезе АО «Междуречье».

При ежедневной работе транспорта возникают проблемы с переработкой. Необходимо исключать простои техники и осуществлять анализ мониторинга работы расходов. Стабильная работа транспорта снижает аварийность и позволяет экономить топливо. При этом появляется возможность разработать и внедрить беспилотные самосвалы [1].

Чрезмерное количество привлеченных машин на сменную работу негативно сказывается на погрузке и циклах транспортировки горной массы, по причине создания очередей или непрогнозируемых простоев.

Комплекс технических и программных средств, объединяющий программный пакет «Цифровой двойник» в систему сбора данных с буровых станков имеет рабочее название «ЦИФРА». Взаимодействие между системами предложено осуществлять через единую базу данных (рисунок 1) [2,3].

Автоматизированная система предназначена для получения данных о

работе бурового станка и занесения результатов в базу данных. После приёма и первичной обработки результатов работы бурового станка происходит кодированная пересылка готовой информации в пункт диспетчерской для систематизации информации и далее с установленных контрольных датчиков передаётся по радиоканалу на буровой станок производственной службы [2].



Рисунок 1 - Схема информационных потоков в программном пакете «Цифровой двойник»

Группой обучающихся СибГИУ разработан пакет компьютерных программ для клиентов, который позволяет персоналу предприятия комфортно и эффективно работать с данными, которые создаются и записываются в процессе эксплуатации комплекса.

Особо точная навигация станка на скважины осуществляется с помощью глобальной навигационной спутниковой системы GPS/ГЛОНАСС. В процессе бурения регистрируются физические величины, характеризующие параметры и режим бурения.

Мониторинг работы горнодобывающих предприятий на вскрышных работах позволит определить целесообразность применения методов дистанционного контроля и управления за работой бурового оборудования на экспериментальном участке.

Широкое применение специального программного обеспечения для оптимизации работы и автоматической диспетчеризации горнотранспортного оборудования позволит выявить резервы производства и снизить производственные расходы. Для оценки фактической трудоемкости работ и сокращения простоев дорогостоящего оборудования, дополнительно принята к применению программа учета расходов на монтаж, обслуживание и ремонт, используемая на угольных разрезах при контроле качества работ.

Все эти факторы определяют технологическую и техническую целесообразность перехода к безлюдным технологиям добычи полезных ископаемых на основе дистанционно управляемого ГШО и роботизированной буровой техники, обеспечивающих частичное или полное исключение человека

из процессов непосредственного управления оборудованием в зоне ведения открытых горных работ.

На предприятии разрез АО «Междуречье» созданы специализированные бригады из числа студентов института горного дела и геосистем СибГИУ, занимающихся ведением хронометражных замеров за работой бурового оборудования и общим временем проведения массовых взрывов, включая мониторинг сейсмической активности в зоне зданий АБК. Данные, собранные группами мониторинга, заносятся в единую базу с компьютерной обработкой для включения в цифровую модель буровзрывных работ по разрезу АО «Междуречье». По разработанной программе студентов института информационных технологий и автоматизированных систем СибГИУ производится сравнение работы бурового оборудования с автоматизированными системами на аналогичных разрезах с фактическими данными после компьютерной обработки. Работы по анализу будут проводиться в течение текущего года.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения системы дистанционного контроля работы объекта складывается из экономии в результате сокращения расхода на ВВ и бурения скважин до 10% и повышения производительности горнотранспортного оборудования до 8% в связи с улучшением качества дробления горной массы.

Библиографический список

1. Матющенко Ю. Атака белорусских роботов. «Вист групп» и БелАЗ обкатают роботизированные самосвалы в Кузбассе и Хакасии / Ю. Матющенко / Коммерсантъ. от 20.07.2018.- №127.

2. Коваленко В.А. Система автоматизированной подготовки производства на карьерах. «Цифровой двойник»// Добывающая промышленность. 2018.Т.11. № 3. - С. 294-296 .

3. Коваленко В.А. Автоматизированная подготовка производства на карьерах. Программно-технический комплекс «Цифровой двойник» // Добывающая промышленность. 2017.- Т.7.-№ 3. - С. 50-53.

УДК 622.002.5: 005.62

ОПТИМИЗАЦИЯ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «СИБИРГИНСКАЯ»

Елкина Д.И., Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: yolkinadasha00@gmail.com*

В данной статье рассматриваются мероприятия по оптимизации монтажно-демонтажных работ механизированного комплекса, а также даны рекомендации для наиболее эффективного транспортирования секций крепи и

обеспечения высокой производительности очистных забоев в условиях угольной шахты «Сибиргинская».

Ключевые слова: оптимизация, монтажно-демонтажные работы, мероприятия, кран-тягач *Petitto Mule*.

На угольных шахтах при широком использовании очистных механизированных комплексов всегда важное значение имеют монтажно-демонтажные работы [1-5].

Монтажные работы сочетают в себе комплекс работ по сборке, установке, наладке, а также пуск и ввод в эксплуатацию. Качество монтажа оборудования зависит от опыта специалистов, способных четко следовать инструкциям производителя, пожеланиям клиента и особенностям самого механизма.

Демонтажные работы сочетают в себе комплекс работ по разборке оборудования со снятием его с места установки с целью перемещения на другое место установки или замены новым оборудованием [6].

Одним из предприятий Кузбасса, занимающихся добычей коксующегося угля подземным способом, является шахта «Сибиргинская». Сложные горно-геологические условия при разработке пласта III негативно влияют на процессы заводки очистного механизированного комплекса под защитное перекрытие и демонтажа оборудования. Подробный анализ работ по перемонтажам очистного оборудования на шахтах Кузбасса показал [1,6], что основным сдерживающим фактором увеличения темпов перемонтажа является процесс демонтажа механизированного комплекса в демонтажной камере.

На шахтах Кузнецкого бассейна используют технологические схемы, где демонтаж оборудования происходит в отработанной лаве, а монтаж в новой лаве без выдачи на поверхность. При монтажно-демонтажных работах используют самоходное оборудование, но погрузочно-разгрузочные работы происходят только на узлах сопряжения магистральных выработок и в камерах размещения электроприводов.

Транспортировка секций крепи из демонтажной камеры в монтажную камеру новой лавы может осуществляться такими способами, как:

- по подвесным монорельсовым дорогам;
- при помощи самоходных машин;
- концевой откаткой;
- по напочвенным речным дорогам.

Сравнение способов для выявления эффективного транспортного решения представлено на гистограмме (рисунок 1).

Из рисунка 1 следует, что наиболее эффективным вспомогательным транспортом является: самоходные машины и монорельсовая дорога [1].

Для оптимизации монтажно-демонтажных работ в условиях шахты «Сибиргинская» предлагается использовать технологическую схему перемонтажа механизированного комплекса с применением крана-тягача *Petitto Mule* для извлечения механизированных секций и лавного конвейера с по-

следующей транспортировкой их до сопряжения со штреком (рисунок 2). Также рекомендуется применение дизелевозного транспорта по подвесной монорельсовой дороге.

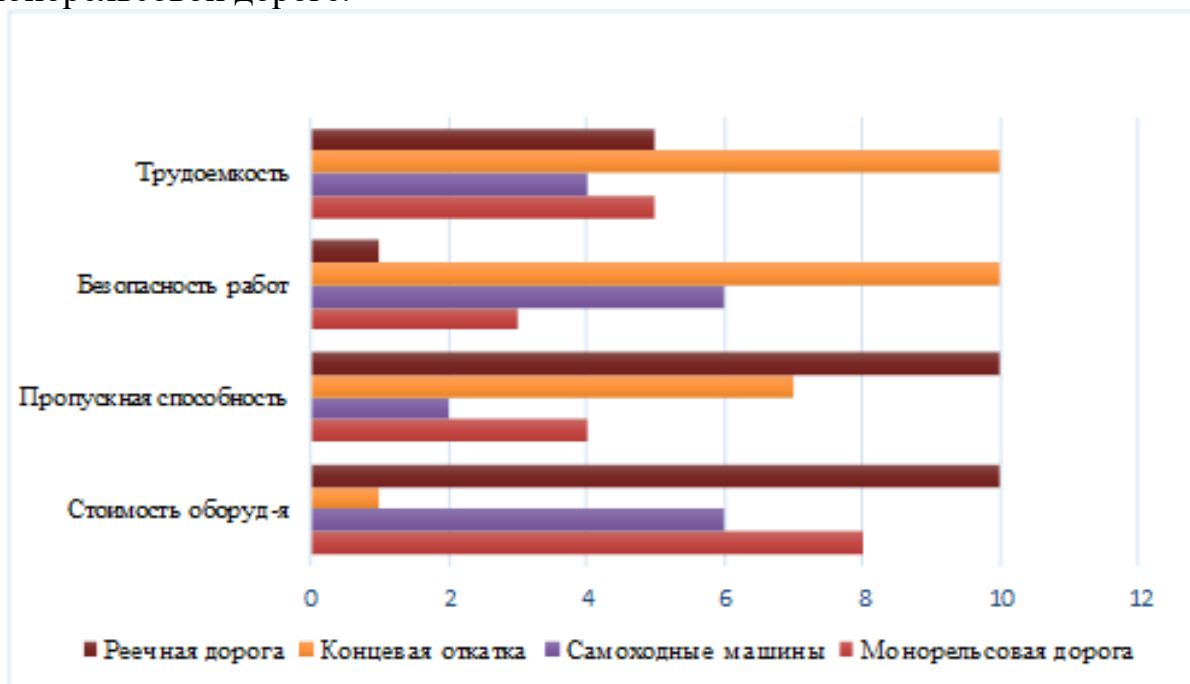


Рисунок 1 – Основные способы транспортировки секций крепи

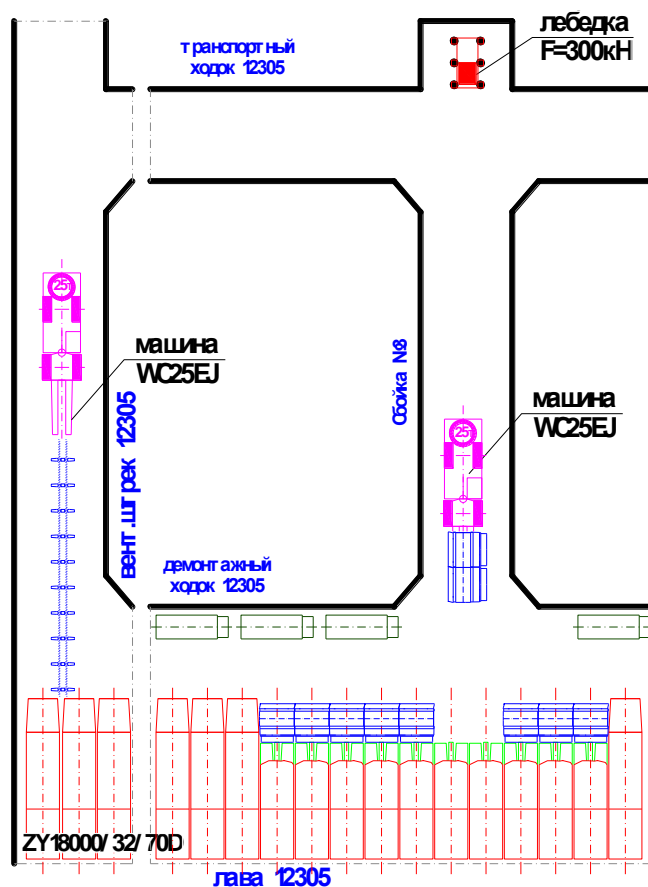


Рисунок 2 – Схема демонтажа лавного конвейера [2]

Для улучшения монтажно-демонтажных работ рекомендуется [3]:

- формирование монтажной камеры в условиях шахты «Сибиргинская» с учетом шага обрушения основной кровли по пласту III;
- обеспечение опережающего проведения тупиковых сбоек к месту формирования демонтажной камеры по пласту III, создающих возможность независимой работы по извлечению оборудования одновременно на нескольких участках демонтажной камеры;
- проведение опережающего монтажа лавного конвейера и очистного комбайна.

Таким образом, благодаря выполнению вышеперечисленных мероприятий с использованием крана-тягача *Petitto Mule* на шахте «Сибиргинская» монтажно-демонтажные работы будут осуществляться быстрее и безопаснее, снизятся риски аварийности и травматизма трудящихся.

Библиографический список

1. Мешков А.А. Повышение эффективности технологии и организации монтажно-демонтажных работ при интенсивной разработке пологих угольных пластов на шахтах Кузбасса / Мешков А.А., Казанин О.И., Сидоренко А.А. // Записки Горного института, Вып. 249. 2021. – С. 342-350.
2. Карпов Г.Н. Способ формирования демонтажной камеры при разработке пологих угольных пластов / Карпов Г. Н., Ковальский Е. Р., Носов А. А. // ГИАБ. 2022. № 6-1.
3. Remounting of a mechanized complex using *Petitto Mule* equipment in the conditions of mines in the south of Kuzbass / A. M. Nikitina, S. V. Rib, D. M. Borzykh, R. A. Dadynsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 206. - P. 1-5 (012025). – URL: <http://library.sibsiu.ru..>
4. 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.
5. Микунов В.В. Разработка технико-технологических решений по повышению эффективности монтажно-демонтажных работ для шахт юга Кузбасса на примере ООО «Шахта «Алардинская» / Микунов В.В., Никитина А.М., Риб С.В. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Вып. 21 Ч 2 ред М. В. Темлянцева Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2017. – С 78-84.
6. Демченко А.Г. Перемонтажи лавных комплексов в России стали быстрее и безопаснее // Уголь. 2022. №7 (1156). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/peremontazhi-lavnyh-kompleksov-v-rossii-stali-bystrye-i-bezopasnee>.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ НА УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ «СИБИРГИНСКАЯ»

Елкина Д.И., Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: yolkinadasha00@gmail.com*

В данной статье предложены мероприятия по борьбе с угольной пылью в условиях шахты «Сибиргинская». Новое оборудование позволит сократить отложения угольной пыли и обеспечить безопасность ведения горных работ.

Ключевые слова: угольная пыль, взрыв, безопасность, шахта, проходческий комбайн, увлажнение угля, орошение, пылеотсос.

Ведение горных работ на шахтах, опасных по газу и пыли, всегда сопряжено с проявлениями опасности, обусловленной высокой вероятностью взрывов метанопылевоздушной смеси. Безопасное ведение горных работ, сохранение жизни и здоровья сотрудников подземных угольных предприятий является неотъемлемой частью развития угольной промышленности в целом [1,2].

Шахта «Сибиргинская» использует целый комплекс противопылевых мероприятий:

- предварительное увлажнение угля в массиве;
- применение оросительной системы;
- автоматическая система пылеподавления;
- орошение и пылеподавление пеной;
- применение средств индивидуальной защиты для обеспечения безопасности работников и других мероприятий.

Предварительное увлажнение угля в массиве является основным средством для борьбы с пылью. Происходит нейтрализация в нем газа и изменение прочностных свойств угля, путем длительного нагнетания воды с добавками поверхностно-активных веществ, улучшающих смачиваемость. Для повышения эффективности противопылевых мероприятий для предварительного увлажнения угля в массиве, орошения при работе очистных комбайнов и на местах разрушения, погрузки и перегрузки горной массы в контуре выемочного участка, предусматривается применение добавки к воде в виде смачивателя РЗ-1 [1].

Гидрообеспыливание при проведении горных выработок проходческими комбайнами производится с помощью системы внешнего орошения, системы взрывозащитного орошения исполнительного органа и орошения мест перегруза горной массы.

Согласно инструкции по эксплуатации проходческого комбайна КП-21 (рисунок 1) на нем установлена система взрывозащитного орошения (внут-

ренное орошение «под зубок» исполнительного органа), состоящая из форсунок типа КФ-04-40, а также система внешнего орошения, представленная форсунками типа КФ-04-40 с давлением воды на оросителях 2,0 МПа [3].



Рисунок 1 – Проходческий комбайн КП-21

Также, кроме комбайна КП-21 на шахте «Сибиргинская» используются проходческие комбайны КСП-35 и 1ГПКС, их характеристики указаны ниже (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры системы орошения проходческих комбайнов КП-21, КСП-35 и 1ГПКС [3]

Тип комбайна	Тип (количество оросителей, шт.)		Давление жидкости, МПа	Суммарный расход жидкости, л/мин
	Внутреннее орошение	Внешнее орошение		
КП-21	КФ-04-40 (35)	КФ-04-40 (14)	2,0	150
КСП-35	32.01.00.005 (42)	32.01.00.006(13)	2,0	150
1ГПКС	КФ-04-40 (29)	КФ-2,0-75 (5)	1,5	110

В условиях шахты «Сибиргинская» предлагается к внедрению Автоматическая система пылеподавления (АСПП) (рисунок 2) производства ООО «Системы промышленной безопасности», для предотвращения образования угольной пыли в зонах транспортировки и пересыпа угля [3].

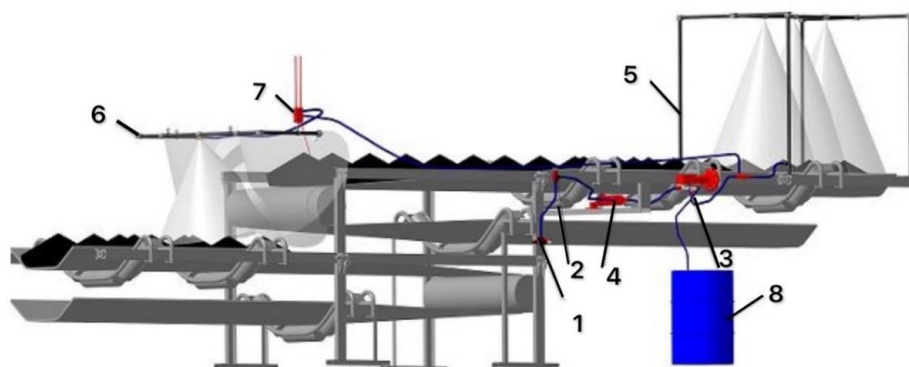


Рисунок 2 – Общий вид автоматической системы пылеподавления (АСПП)

Подача воды осуществляется из противопожарного става с добавлением концентрата смачивателя из бака 8. При перемещении транспортируемой массы по конвейерной ленте происходит небольшой провис ленты, оросительное устройство 4 соприкасается и приходит в движение, открывается клапан, и происходит подача воды через регулятор расхода 2, фильтр 1 и инжекторную установку 3, в которой происходит увлажнения 5. При достижении транспортируемой массы контрольного вертикального клапана 7 путем его срабатывания происходит подача воды или эмульсии на устройство непосредственного орошения 6, тем самым происходит орошение места непосредственного пересыпа.

Преимущества АСПП:

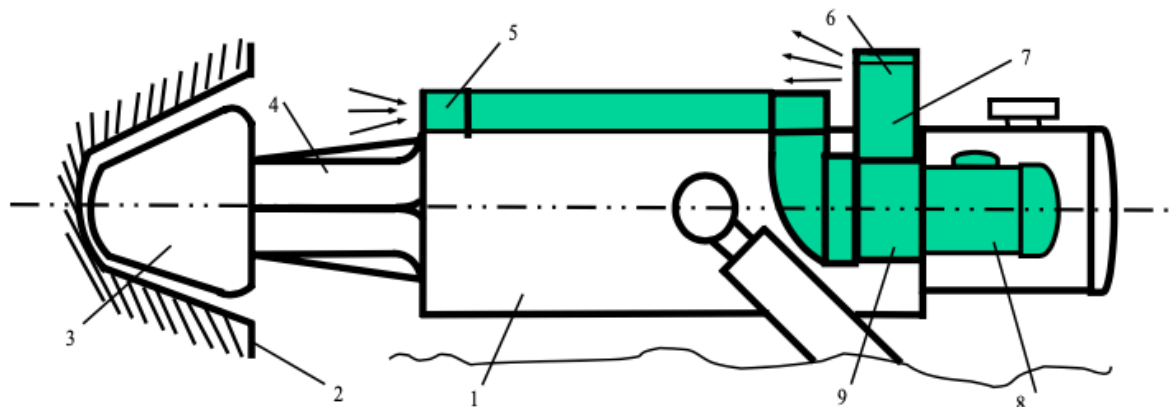
- настраиваемый расход жидкости;
- работает только при транспортировке полезных ископаемых по конвейеру;
- не требует вмешательства людей;
- идеально в условиях отсутствия источников электроэнергии;
- автоматическое смешивание и подача эмульсии со смачивателем на форсунки орошения [3].

Наибольшая эффективность орошения наблюдается при использовании пенообразователей. Пена представляет собой дисперсную систему, состоящую из ячеек-пузырьков газа, разделенные между собой пленками жидкости. Благодаря большому объему пены, увеличивается поверхность взаимодействия. Разрушение пены связано с истечением жидкости в межпузырьковых пленках из верхних в нижние слои пены и диффузия газа из мелких пузырьков в крупные, в результате чего пленки у пены становятся тонкими и разрываются. Чтобы она медленнее разрушалась, необходимо добавить в исходный раствор специальную добавку, для повышения вязкости, которые заполнят сетку пеногенератора [4].

Помимо вышеперечисленных способов пылеподавления на шахте можно использовать и другие мероприятия для борьбы с пылью, например, пылеотсос с помощью встроенных в комбайн или автономных пылеулавливающих установок.

Предлагается к внедрению на шахте «Сибиргинская» пылеотсасывающая завесообразующая установка (рисунок 3) позволяющая эффективно улавливать мелкодисперсную угольную пыль в призабойной зоне [5].

Таким образом, предлагаемый комплекс противопылевых мероприятий в условиях шахты «Сибиргинская» приведет к снижению запыленности на рабочих местах, уменьшению опасности взрыва угольной пыли в горных выработках, тем самым обеспечив безопасность ведения горных работ.



(1 – исполнительный орган комбайна; 2 – забой; 3 – резцовая коронка; 4 – стрела; 5 – всасывающий воздухопровод; 6 – жалюзийный пластинчатый пылеуловитель; 7 – нагнетательный воздухопровод; 8 – двигатель вентилятора; 9 – кожух) [5]

Рисунок 3 – Принципиальная схема размещения пылеотсасывающей завесообразующей установки

Библиографический список

1. Обеспечение пылевзрывобезопасности угольных шахт / Трубицына Н.В. [и др.] // Вестник Научного центра. 2015. №4. – С. 6 - 10.

2. Разработка технических решений по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок угольных шахт / Н. Ю. Секингер, А. М. Никитина, С. В. Риб, М. Г. Коряга // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 19–21 мая 2020 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 24. Часть I. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2020. – С. 62-66.

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

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. Пылеотсасывающая завесообразующая установка для проходческих комбайнов / А.А. Гринюк, В.М. Кондаков, А.А. Анисимов // Вестник Научного центра, Вып. № 2, 2008г – С 44-46.

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАЗУПРОЧНЕНИЯ ПОДКРОВЕЛЬНОЙ ПАЧКИ УГЛЯ

Михайлов Д.С., Волошин В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: danm12345.54321@mail.ru*

В данной статье приводятся лабораторные исследования технологии по разупрочнению угля при отработке мощных угольных пластов с выпуском подкровельной толщи с фиксацией результатов прибором ZetLab 7156.

Ключевые слова: мощный угольный пласт, прочность горных пород при сжатии, разрушающийся массив, сейсмоприемники, зависимость, сравнение, лабораторные исследования, физические свойства.

В мировой практике подземной отработки запасов мощных (более 6,0м) угольных пластов доминируют две основных технологических схемы ведения очистных работ: разработка пластов наклонными слоями и с выпуском подкровельной пачки угля. На шахтах России наибольшее распространение получила технологическая схема разработки пластов наклонными слоями. При слоевой отработке запасов мощных пластов, имеющей достаточно большое разнообразие технологических особенностей, используются, как правило, очистные механизированные комплексы, созданные для пластов средней мощности. При увеличении мощности пласта резко возрастает металлоемкость очистного оборудования, ухудшается геомеханическая ситуация при ведении горных работ.

Зарубежный опыт разработки мощных пологих и наклонных пластов с выпуском угля подкровельной толщи подтверждает приоритетность данной технологии по сравнению с традиционной, позволяя существенно повысить эффективность горных работ за счет снижения удельного объема проведения и поддержания выработок и снизить затраты на подготовку и оборудование очистных забоев.

Выявленные на шахтах России в процессе освоения технологии очистной выемки с выпуском угля недостатки (устаревшее очистное оборудование, неэффективные решения по разупрочнению и выпуску угля и связанные с этим высокие потери полезного ископаемого, пожароопасность и др.) во многом явились причиной свертывания работ по этому направлению.

Повышение эффективности отработки запасов мощных пластов представляется возможным осуществить путем интенсификации выемки угля нижних слоев с последующим управляемым выпуском угля вышележащих толщ [1-4], при этом обеспечиваются высокие (до 4500-5000 т/сут) нагрузки на пласт за счет повышения концентрации горных работ. Для этого требуется создание методики мониторинга за качеством разупрочнения подкровельной пачки угля и эффективного выпуска угля.

Авторами статьи предложена недорогая и высокоэффективная методика контроля качества разупрочнения подкровельной пачки угля. Сегодня в очистном забое контроль осуществляется либо по исследованию отбуренных из очистного забоя шпуров до кровли пласта, либо по субъективному опыту рабочих (МГВМ и ГРОЗ).

Коллективом авторов института горного дела и геосистем СибГИУ проведены лабораторные исследования физических свойств горных пород и угля с целью определения разброса показаний испытываемых проб на частоту колебаний при испытании на прессе образцов на величину прочности при одноосном сжатии.

Фото лабораторного пресса и установка прибора ZET7156 представлены на рисунке 1.

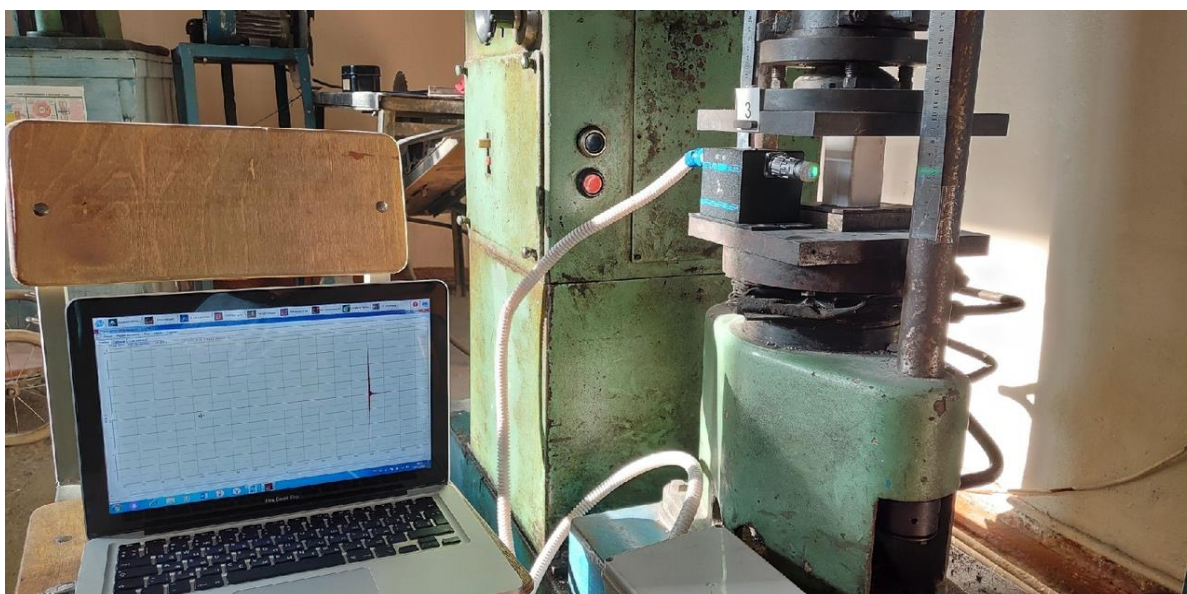


Рисунок 1 – Лабораторный пресс с установкой ZET7156

В ходе лабораторных исследований проводились испытания ранее отобранных кернов горных пород прочностных свойств при одноосном сжатии от 15 до 62 МПа и угольных образцов прочностью от 6 до 11 МПа. Контроль при разрушении испытываемых образцов проводился при помощи сейсмостанции с цифровым виброметром ZET 7156 и интеллектуальным преобразователем ZET 7434. Регистрация сейсмических колебаний при разрушении образцов основана на записи цифровых данных на персональный компьютер (ПК). Технические характеристики виброметра интеллектуального цифрового ZET 7156 приведены в таблице 1.

В ходе исследования установлено, что амплитуда колебаний при разрушении горной породы зависит от крепости (прямая зависимость), от свойств пород (при наличие прослоек нелинейная зависимость амплитуды колебаний от мощности и типа включений). Максимальная амплитуда колебаний разрушающихся образцов угля значительно меньше амплитуды колебания испытываемой породы любой прочности при разрушении.

Таблица 1 – Технические характеристики виброметра интеллектуального цифрового ZET 7156

Наименование	Величина по ТУ
Измеряемая физическая величина	виброскорость
Количество осей	3 (X, Y, Z)
Частотный диапазон чувствительного элемента	от 0,3 до 500 Гц
Выдаваемые значения	мгновенные
Диапазон измерений	от 0,0005 до 500 мм/с
Частота оцифровки данных	50, 100, 200, 500, 1000 Гц
Наименование	Величина по ТУ
Интерфейс передачи данных	CAN 2.0
Скорость обмена	100, 300, 1000 кбит/с
Габаритные размеры	140×50×24 мм
Масса	500 г

Полученные результаты позволяют сделать предположение о возможности мониторинга состояния пород кровли и подкровельной пачки угля при обработке мощных пологих пластов с выпусков угля на лавный или завальный конвейер.

В рамках лабораторного комплекса СибГИУ планируется разработать полезную модель датчика контроля степени разупрочнения пород кровли и подкровельной угольной пачки, который состоит из сигнальной лампочки, срабатывающей при регистрации прибором ZET 7156 с амплитуды колебаний свойственных началу разрушения пород. При этом лампочка не реагирует на амплитуду колебаний по частоте, соответствующей разрушению угольных пачек (образцов).

Прибор ZET 7156 планируется испытать на шахте «Ольжерасская». На верхнее перекрытие секций механизированной крепи устанавливается специальное крепление для прибора и сам прибор, к которому через шахтовую сеть подведено напряжение 6В. После прохождения очистного комбайна ГРОЗ производит задвижку лавного конвейера и передвижку секций крепи с выполнением нескольких циклов «Сокращение – распор» для разупрочнения угля в подкровельной пачке и породы кровли. Реакция света лампочки свидетельствует о разупрочнении пачки угля над секцией и дает сигнал для ГРОЗ для выпуска отслоившейся и разупрочненной пачке угля в выпускной люк секции.

На рисунке 2 представлена возможная схема установки прибора ZET 7156.

Внедрение указанного метода мониторинга исключит ситуацию излишнего разрушения пород кровли и вывалов, что приводит к образованию куполов и незапланированной аварийной остановке выемочного участка.

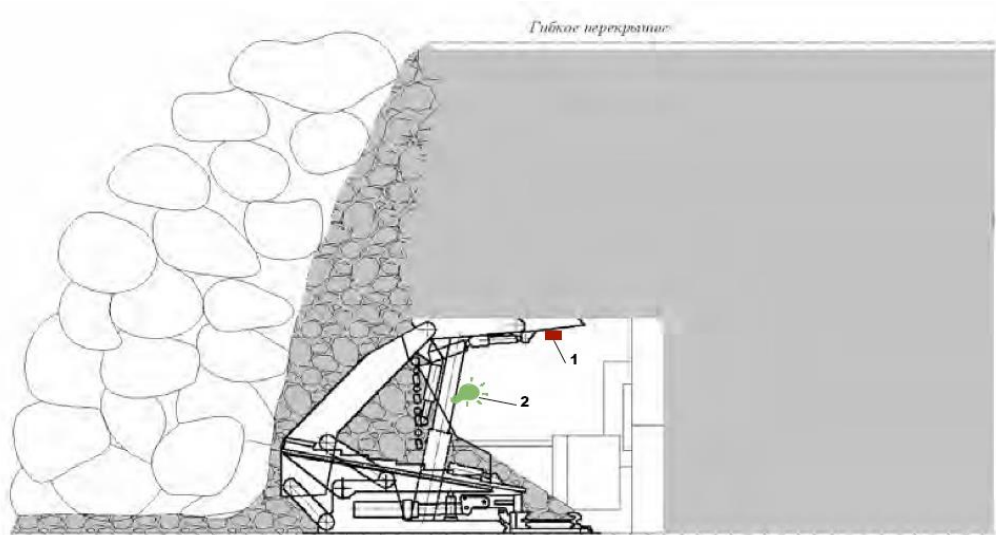


Рисунок 2 - схема установки прибора ZET 7156: 1-сейсмометр ZET 7156, 2- лампочка-индикатор разрушения пород.

Предложенный способ контроля разупрочнения пачки угля и породы над секцией крепи позволит существенно снизить время на «топтанье» угля в кровле и повысит производительность труда в очистном забое.

Библиографический список

1. Перов А.А. Технология выпуска угля из подкровельной пачки на завальный конвейер / А.А. Перов, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 14–16 мая 2019 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 23. Часть VII. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. – С. 257-262.

2. Разработка мероприятий по повышению устойчивости слоевых выемочных выработок / Д. М. Борзых, С. В. Риб, А. М. Никитина, В. В. Басов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 01–03 июня 2016 года / Министерство образования и науки Российской Федерации; Сибирский государственный индустриальный университет. Том Часть III. Выпуск 20. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2016. – С. 87-90.

3. Клишин В.И. Разработка мощных пластов механизированными крепями с регулируемым выпуском угля / В.И. Клишин, Ю.С. Фокин, Д.И. Кокоулин, Б. Кубанычбек уулу. – Новосибирск: Наука, 2007. – 135 с.

4. Геотехнологическое обоснование средств выемки мощных пологих угольных пластов с использованием безразгрузочного комплекта передвижных опор (БКПО) / В.А. Федорин, Е.Л. Варфоломеев, О.В. Кассина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2013, - №1. - С. 253-258.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА ЮГЕ КУЗБАССА

Панфилов В.Д., Гашникова А.О., Никитина А.М.

Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: vadim.panfilov.2000@gmail.com

Статья посвящена разработке комплекса мероприятий по заблаговременной дегазации угольных пластов Кузбасса для извлечения альтернативного источника энергии.

Ключевые слова: заблаговременная дегазация, метан, альтернативный энергоноситель, газ, газовая безопасность.

Повышение требований к качественным показателям полезного ископаемого на рынке способствуют вовлечению в разработку угольных месторождений на юге Кузбасса, расположенных в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях. В течение последних 20 лет производительность очистных забоев на угольных шахтах Кузбассакратно возросла – до 5–10 тыс. т в сутки. Динамика увеличения метанообильности угольных пластов Кузбасса отражена на рисунке 1 [1].

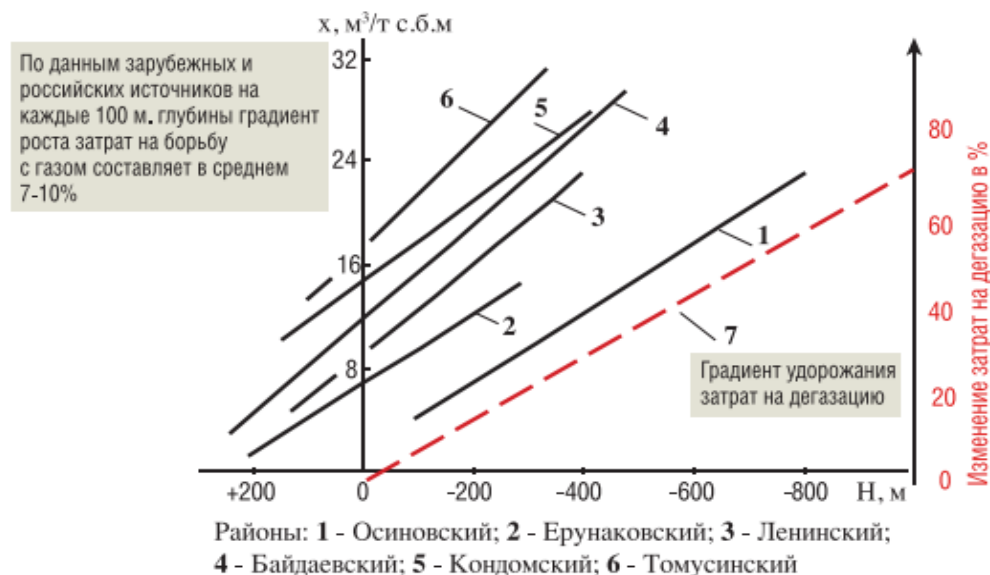


Рисунок 1 - Метаноносность угольных пластов в Кузбассе и удорожание дегазации с ростом глубины залегания пластов

Несмотря на то, что в последние годы применение новых технологических решений и высокопроизводительной очистной техники мировых фирм, таких как JOY и FAMUR, позволили увеличить нагрузки на очистной забой (шахту-лаву), производительность очистных забоев с увечением глубины ведения горных работ будет ограничена по газовому фактору. С увеличением

глубины разработки значительно меняется интенсивность техногенного воздействия на углегазовую среду недр, что несомненно приводит и к более интенсивному газовыделению из разрабатываемого пласта и вмещающих пород (пропластков и спутников) [2]. В связи с чем будет постоянно возрастать число технологических простоев из-за объективного роста газоносности и газокинетических характеристик пласта [3,4].

Извлечение угольного метана из пластов, по-видимому, станет обязательным технологическим условием применения высокопроизводительной и дорогостоящей добычной техники в шахтах Кузбасса. На сегодня основной объём извлекаемого из недр шахт метана в регионе приходится на текущие способы дегазации разгруженного массива и, как правило, из горных выработок действующего предприятия. Рано или поздно, в условиях роста глубины и увеличения нагрузок на забои возникнет и будет развиваться дисбаланс между ведением очистных и дегазационных работ шахты. Примером потенциальной необходимости заблаговременной дегазации на юге Кузбасса является ООО «Шахта «Осинниковская», глубина разработки шахтного поля которой местами достигает 1 км [5,6].

Так же предпосылкой к введению данных мер может стать высокая аварийность производственных объектов на смотря на внедрение современных средств аэрогазового контроля рудничной атмосферы. С 2000 г. на шахтах Кемеровской области произошли самые тяжёлые за всю историю катастрофы (взрывы метано-воздушной смеси) на шахтах. Всего в Кузбассе с начала XXI в. случилось 11 взрывов, с гибелью 418 шахтёров и горноспасателей. Статистика представлена на рисунке 1 [7].

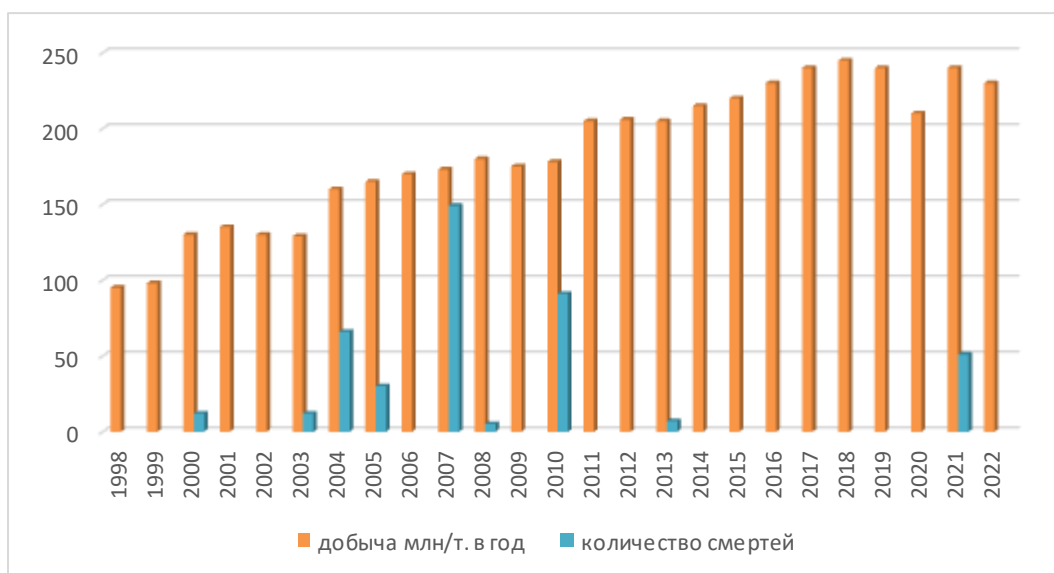


Рисунок 1 - Динамика добычи угля и катастрофы на шахтах в Кузбассе в XXI веке

В связи с этим появляется актуальная научно-практическая задача по проведению комплекса мероприятий с целью заблаговременного извлечения взрывоопасного метана и создание безопасных условий для персонала шах-

ты при обработке склонных к проявлению динамических явлений и микросейсмических событий высокогазосных угольных пластов [8].

Одним из эффективных методов для решения данной задачи является заблаговременная дегазация угольных пластов, которая может стать одним из основных инструментов для снижения газосности угольных пластов шахт, не разгруженных от горного давления. Эффективность данного метода подтверждается мировым опытом на основе американских и австралийских компаний, согласно которому появляется возможность извлечения (60–80%) сорбированного газа с концентрацией более 90% из неразгруженных угольных пластов в течение 5–7 лет. В дальнейшем обработка запасов угля может продолжиться на месторождении уже с использованием разгрузочного действия на свиту отработанного и заблаговременно дегазированного пласта с помощью набора инструментов (скважин) заблаговременной и текущей дегазации [6,11]. Модель разработки углегазовых месторождений представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Модель разработки углегазовых месторождений

Практика показывает, что успешность проектов по добыче метана из угольных пластов зависит от качественного подхода по увеличению скорости бурения, росту дебита скважин и снижению затрат. Наличие опытных буровых подрядчиков, собственных сервисных подразделений, а также технологически грамотного персонала, способного постоянно оптимизировать методы работы, позволит создать коммерчески рентабельное производство в течение нескольких лет [4].

Примерами реализации данной технологии на Юге Кузбасса является шахта «Ерунаковская VIII» (ПАО «Распадская угольная компания»). На предприятии впервые в России введена в опытно-промышленную эксплуатацию инновационная технология заблаговременной дегазации угольных пластов с помощью плазменного-импульсного воздействия (ПИВ) [9]. Технология позволяет извлекать метан из угольных пластов за несколько лет до начала горных работ. На базе пласта 48 производятся сегодня мероприятия по эффективному извлечению метана с дальнейшей возможностью перера-

ботки, для которой (со стороны правительства Кузбасса) реализуется программа строительства в регионе завода по производству сжиженного природного газа [10].

Площадкой для реализации данной технологии может стать вскрываемый пласт Е6 горного отвода ООО «Шахта «Осинниковская».

По своим характеристикам угольный пласт Е6 является опасным по внезапным выбросам угля и газа и угрожаемый по горным ударам, в связи с чем появляется технологическая «необходимость» по эффективной дегазации угольного пласта и перераспределению напряжений в горном массиве. На ООО «Шахта «Осинниковская» применяются такие методы дегазации, как бурение скважин навстречу очистному забою из вентиляционной выработки и перекрещивающимися скважинами, что в сумме дает коэффициент дегазации, равный 0,5. Данные меры дают относительно высокий коэффициент, но не позволяют в полной мере обеспечить безопасное ведение горных работ в вопросе комплексной дегазации из-за сложных горно-геологических условий залеганий угольных пластов, множественных нарушений в частности Щелканской антисинклинали, которая проходит через большую часть Осиновского месторождения и глубины ведения горных работ [5].

В связи с вышеизложенным предлагается внедрение технологии заблаговременной дегазации угольных пластов плазменно-импульсным воздействием. В часть проектируемого пласта и проектно заложенных выемочных столбов проводятся специальные дегазационные скважины, возводимые с поверхности и с помощью технологии ПИВ производится извлечение газа метана, который при данном методе химически остается чистым [9]. Так же проводимые скважины могут являться разгрузочными, так как проходят вблизи участков повышенного горного давления. Предложения по внедрению скважин изображены на рисунке 3.

Данный комплекс мероприятий дает огромный положительный эффект как в части дегазации, так и в вопросе снижения влияния горного давления на ведение горных работ.



Рисунок 3 - Схема расположения скважин заблаговременной дегазации в пределах границ выемочных участков пласта Е6

Параллельно с этим идёт разработка необходимого для реализации проекта нормативно-правового фундамента. Также правительство Кузбасса совместно с ООО «Газпром добыча Кузнецк» направило в адрес Минэнерго и Минэкономразвития предложения о включении метана угольных пластов в качестве отдельного вида продукции [8].

Выводы. Технология заблаговременной дегазации угольных пластов в Кузбассе – одна из перспективных, высокотехнологичных и инновационных в области обеспечения безопасной эксплуатации шахт Кузбасса. Благодаря ее внедрению возможно получение ряда преимуществ, таких как:

- увеличение темпов добычи угля и проходки горных выработок за счет снижения показателей газообильности пласта;
- снижение риска возникновения внезапных выбросов угля и газа, что обеспечивает лучший показатель безопасности ведения горных работ;
- получение альтернативного источника сырья, благодаря внедрению технологий по улавливанию и переработки полученного газа из угольных пластов.

Но для полной реализации проекта по заблаговременной дегазации нужно внедрить ряд необходимых поправок в области законодательства и налогообложения, а также необходимо создание инфраструктуры, благодаря которой, извлечение метана и его переработка будут максимально эффективны.

Библиографический список

1. Пучков Л.А. Проблемы угольного метана мировой и отечественный опыт их решения / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2007. - №4. - С. 5-24.
2. Лесных А. С. Разработка рекомендаций по использованию шахтного метана в условиях угольных шахт / А.С. Лесных, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 12–14 мая 2021 года. Том Вып. 25. Ч. II. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2021. – С. 105-109.
3. Толмачев, М.В. Оценка геологических перспектив освоения метаноугольных месторождений / М.В. Толмачев [и др.] / Вопросы комплексного изучения и использования углей и горючих сланцев. – Л., 1983, – С. 11–15.
4. Пучков Л. А. Эффективное решение проблемы метанобезопасности угольных шахт России — безотлагательная задача сегодняшнего дня / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов // Уголь. — 2006. — № 12. С. 24-28.
5. Горнотехническая документация шахты «Осинниковская».
6. Пармузин, П.Н. Зарубежный и отечественный опыт освоения ресурсов метана угольных пластов [Текст]: монография / П.Н. Пармузин. – Ухта: УГТУ, 2017. – 109 с.
7. Аварии на шахтах России. [Электронный ресурс]. URL: https://miningwiki.ru/wiki/Список:Аварии_на_шахтах_России (дата обращения:

14.04.2023).

8. В Кузбассе будут добывать метан из угольных пластов: почему это хорошая новость для экономики. [Электронный ресурс]. URL: <https://vashgorod.ru/post2035824> (дата обращения: 20.04.2023).

9. Георезонанс. Исследование микротрещиноватости углей, вызванной ПИВ методом рентгеновской томографии. [Электронный ресурс]. URL: <http://http://georez.ru/technology/articles/the-study-of-coal-microcracks-caused-by-ppt-by-means-of-x-ray-tomography-xrt/> (дата обращения: 16.03.2023).

10. Каркашадзе Г.Г. Обоснование и разработка метода дегазации угольного пласта на основе циклического газодинамического воздействия // Диссертация - Москва 2017- [Электронный ресурс]. URL: <https://misis.ru/files/2766/hautiev-disser.pdf> (дата обращения 28.03.2023).

11. Разработка технико-технологических решений по дегазации в условиях ООО «Шахта «Алардинская» / Болдецкий С.Ю., Никитина А.М., Риб С.В. // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 12-14 мая 2021 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2021. – Вып. 25. Ч. 2. Технические науки. – С. 81-85. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 622.242.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМОГО БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

Ворсина А.М., Коновалова О.Ю., Агеев Д.А., Садыков А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lika.vorsina.2001@mail.ru*

В данной статье рассматривается применяемое буровое оборудование применяемого на разрезах Кузбасса и возможность его замены на отечественные аналоги. В статье приведен сравнительный анализ бурового оборудования, применяемого на ООО «Разрез «Киселевский», АО СУПК «Разрез «Чернокалтанский», ООО «Разрез «Березовский».

Ключевые слова: буровое оборудование, кузнецкий угольный бассейн, разрез, бурение, буровой станок.

На сегодняшний день в Кузбасский угольный бассейн входит 57 действующих разрезов. На которых до 2022 г. имелась тенденция использования импортного оборудования. В связи со сложившейся ситуацией на рынке и проблемой с поставкой импортной техники, появилась необходимость его замены на оборудование российского производства [1].

Один из необходимых вызовов, который может оказать существенное влияние на развитие угольной промышленности Кузбасса и России в целом, является технологическое отставание от развитых стран в условиях ужесточения конкуренции на мировом рынке и смены технологического уклада, ко-

торое проявляется и в усиливающейся импортозависимости отрасли от использования зарубежного оборудования.

Анализ импортозависимости российских угольных компаний в части закупок, наличия и использования зарубежного горно-шахтного и горно-транспортного оборудования показывает, что из года в год происходит усиление зависимости российских шахт и разрезов от использования импортного оборудования в основных технологических процессах добычи, транспортировки и переработки угля в целом по отрасли, и особенно по открытым горным работам. Но в связи с введенными санкциями поставка импортного оборудования и запасных частей для него значительно сократилась [2].

Средняя доля использования импортного оборудования на шахтах и разрезах с 2015 по 2021 г. по отрасли выросла с 74,9 до 81,4 % (в 1,1 раза), а в 2022 году наблюдается резкий спад до 56,8 % (в 1,4 раза), в том числе по открытым работам с 82,3 до 87,4 % (в 1,1 раза) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Динамика средней доли используемого импортного оборудования на шахтах и разрезах России

За последние 8 лет динамика открытого способа добычи выросла с 72,5 % в 2015 г. до 82,6 % в 2022 г. Среднемесячная производительность труда рабочего по добыче угля на открытых горных работах выросла за 8 последних лет в 1,3 раза, а в целом по угольной промышленности России в 1,4 раза.

В настоящее время в Кузбассе на разрезах применяется как импортное, так и отечественное буровое оборудование. Рассмотрим данную проблему на примере бурового оборудования, установленного на трех различных разрезах Кузбасса.

Современная буровая установка – это сложный комплекс различных по назначению машин, механизмов, сооружений, приборов, инструмента, с помощью которых осуществляются все процессы, связанные с бурением скважин [3].

На ООО «Разрез Киселевский» парк буровых станков представлен импортными буровыми станками Ingersoll-rand DML (рисунок 2).



Рисунок 2 – Буровой станок Ingersoll-rand DML

На АО СУПК «Разрез «Чернокалтанский» присутствует тенденция в использовании бурового оборудования, поставленного из КНР (Китайской народной республики). В данный момент используется станок Zega D480A (рисунок 3).



Рисунок 3 – Буровой станок Zega D480A

ООО «Разрез «Березовский» заинтересован в технике российского производства, которые на данный момент эксплуатируются на предприятии. Парк буровых станков представлен из станков отечественного производства СБ-55Д-01 (рисунок 4). Сравнение характеристик буровых станков представлено ниже в таблице 1.



Рисунок 4 – Буровой станок СБ-55Д-01

Таблица 1 – Характеристика буровых станков

Предприятие	Станок	Пр-во	Диаметр бурения (мм)	Глубина бурения (м)	Масса (кг)	Наибольший угол подъема (град)	Скорость передвижения (км/ч)
ООО «Разрез «Киселевский»	Ingersoll Rand DML	Импорт США	200-251	54,9	38600	20	2,7
АО «Разрез «Чернокалтанский»	Zega D480A	КНР	152-203	35,0	25000	25	3,4
ООО «Разрез «Березовский»	СБ-55Д-01	Россия	152-250	45,0	28500	30	3,2

Комплектация буровой установки зависит от условий, в которых ей предстоит работать, назначения скважины, свойств грунта и способа бурения.

В сравнении с импортным оборудованием, российское имеет следующие преимущества:

- увеличению скорости бурения и производительности за счет оптимального соотношения между усилием подачи, крутящим моментом и скоростью вращения;
- устойчивая против скручивания конструкция мачты;
- все запчасти имеются в наличии;
- увеличенная устойчивость, за счет четырех горизонтирующих домкратов и за счет подвески ходовой тележки «плавающего типа»;

- стоимость запасных частей невысокая;
- гидравлически управляемая система свинчивания и развинчивания труб;
- большая неподвижная задняя платформа увеличивает безопасность и доступность во время всех буровых операций [4].

Таким образом, можно сделать вывод, что импортные буровые станки невыгодно использовать на разрезах Кузбасса из-за прекращения поставок оборудования и запасных частей в Россию. Оборудование из КНР удобное в использовании на разрезах, за счет увеличенной скорости передвижения, но неэффективно, т. к. поломки происходят достаточно часто. Самым оптимальным вариантом на данный момент является буровое оборудование отечественного производства. У российских станков достаточно хорошая скорость передвижения, большой угол подъема. Выход оборудования из строя происходит крайне редко, а если происходит, то всегда есть необходимые и недорогие запасные части.

Библиографический список

1 Официальный сайт Министерства угольной промышленности Кузбасса – Угольная отрасль Кузбасса в цифрах [Электронный ресурс] – URL: <https://murk42.ru/ru/industry/> (Дата обращения 15.04.2023 г.).

2 Рожков А. А. Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз // Горная промышленность. – №6 (136). – 2017. – с. 4-13.

3 Страбыкин Н. Н., Пеплов Е. В. Техническое перевооружение бурового и выемочно-погрузочного оборудования разрезов – настоятельная потребность времени // Вестник Иркутского государственного технического университета. – №11 (58). – 2011. – с. 113-117.

4 Спецтехника для Вашего бизнеса – Мобильные буровые установки DML на гусеничном ходу [Электронный ресурс] – URL: <http://allspectech.com/stroitel'naya/burovye-ustanovki/burovye-stanki-gusenichnye/dml.html/> (Дата обращения 19.04.2023 г.).

УДК 622.822

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПРОФИЛАКТИКИ И ТУШЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ

Коновалова О.Ю., Ворсина А.М., Агеев Д.А., Садыков А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ko.gd191@mail.ru*

В статье изложены методы профилактики и способы ликвидации эндогенных пожаров на угольных разрезах и приведен их сравнительный анализ.

Ключевые слова: эндогенный пожар, самовозгорание угля, угольный разрез, категория пожароопасности, бурые угли, отвалы, уступы.

На угольных разрезах проблема самовозгорания угля остается актуальной на сегодняшний день. Эндогенные пожары причиняют значительный материальный ущерб, ухудшают условия труда рабочих и населения в целом, наносит вред окружающей среде.

На открытых горных предприятиях эндогенная пожароопасность степень пожароопасности определяется по категориям пожароопасности, в соответствии с руководством по использованию комплекса техногенных мероприятий [1]. К основным объектам самовозгорания относятся отвалы, уступы, склады. Бурые угли, хранимые на складах, наиболее подвержены к самовозгоранию чем породы, складываемые на отвалах, т.к. химически более активны. По численности возникновения пожаров на угольных разрезах чаще всего возникают на навалах и взорванных блоках, на примере Коркинского и Харанорского разрезов. [2].

По степени пожароопасности разрезы классифицируются по категориям, указанных в таблице 1.

В зависимости от степени пожароопасности выбираются способы и средства профилактики и тушения пожаров на разрезах.

Таблица 1 – Классификация разрезов по пожароопасности

Категория пожароопасности	Степень опасности	Степень (критерий) пожароопасности
I	Неопасные	Менее 25
II	Малоопасные	25 - 50
III	Умеренно опасные	50 - 75
IV	Опасные	75 - 100
V	Повышенной опасности	100 - 125

Для разработки эффективных методов и рекомендаций по предотвращению возникновения – эндогенных пожаров рекомендуется проанализировать причины и условия их возникновения.

Основные факторы их возникновения являются:

- горно-геологические;
- вызванные тепловыми источниками;
- метеорологические.

Для исключения риска возгорания горных объектов необходимо проведение комплекса технологических мероприятий, направленных на:

- устранение условий возникновения процессов самонагрева;
- снижение окисления угля;
- уменьшение притока воздуха.

Обнаружить очаг окислительно-восстановительного процесса с выделением тепла, возможно, при обнаружении пара или дыма (I и II категории пожароопасности).

На всех разрезах страны практически единственным способом борьбы с эндогенными пожарами является вырезка очага бульдозером (при возникновении пожара в породно-угольном скоплении) или экскаватором (при возникновении пожара в угольном уступе) и орошение водой.

Вырезка очагов пожаров экономически не целесообразна в связи с использованием техники на непроизводительных работах, а также происходит потеря угля от выгорания.

Тушение очагов возгорания водой является самым доступным, и низкотратным средством пожаротушения, но малоэффективный [2].

Известен «Способ предупреждения спонтанного возгорания низкосортных сортов угля», включающий приготовление углеводородной эмульсии, состав которой распыляется по свежедобытому и непросушенному углю для обеспечения водонепроницаемости. После того как уголь подсыхает его обрабатывают силиконовой эмульсией.

Недостаток этого способа в дополнительном использовании обработки силиконовой эмульсии. И как правило, силикон ухудшает топливное качество угля, и при сжигании увеличивает вредные примеси, негативно сказывающиеся на экологии [3].

В России имеются составы, действие которых основано на использовании гигроскопических свойств солей хлористого кальция и магния. Предложено также использовать композицию на основе сульфидно-спиртовой барды (ССБ), уменьшающей усадку и трещиноватость покрытий. В композицию входят ССБ (20-27%), мочевиноформальдегидная смола (18-20%), NH_4C_6 (0,5-1,5%), вода (54-58%).

Вывод. Предотвращение проблемы возгорание углей на угольных разрезах требует разработки новых эффективных технологических решений, но перечисленные выше методы могут в какой-то степени снизить уровень эндогенных пожаров.

Библиографический список

1 Руководство по использованию комплекса техногенных мероприятий для профилактики и тушения пожаров на разрезах – Standart.GOST [Электронный ресурс] – URL: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293736802> (Дата обращения 20.04.2023 г.).

2 Снижение пожароопасности бурого угля на примере Коркинского и Харанорского [Электронный ресурс] – URL: <https://nauchkor.ru/uploads/documents/5ceeee57966e10545e774bc.pdf?ysclid=lgyqh303k348804389> (Дата обращения 21.04.2023 г.).

3 Способ защиты бурого угля при открытом хранении от самовозгорания и пыления при воздействии атмосферных явлений [Электронный ресурс] – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2741001C1> (Дата обращения 20.04.2023 г.).

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Курдюков М.О., Самойлова А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

Геоинформационная система (ГИС) - это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, анализ и отображение пространственных данных и связанных с ними непространственных, а также получение на их основе информации и знаний о геопространстве.

Ключевые слова: геоинформационная система, анализ пространственных данных или пространственный анализ, графическая информация.

Геоинформационная система – это программное обеспечение, которое позволяет собирать, хранить, анализировать, обрабатывать и отображать географическую информацию. ГИС находят широкое применение в различных областях, в том числе в горном деле.

Современные ГИС расширили использование карт за счет хранения графических данных в виде отдельных тематических слоев, а качественных и количественных характеристик составляющих их объектов в виде баз данных. Такая организация данных при наличии гибких механизмов управления ими, обеспечивает принципиально новые аналитические возможности.

ГИС в горном деле позволяют решать множество задач, связанных с исследованием и разведкой месторождений полезных ископаемых, проектированием горных работ, оптимизацией производственных процессов и контролем качества продукции.

Например, ГИС можно использовать для создания трехмерных моделей горных массивов с учетом геологических, гидрогеологических и геотехнических данных. Это позволяет более точно определить местоположение и форму месторождения, а также провести расчеты нагрузок на горную выработку и определить оптимальные направления разработки.

ГИС также позволяют контролировать состояние горных работ, в том числе с помощью систем мониторинга деформаций массива, систем контроля качества продукции и систем мониторинга радиационной обстановки при разработке урановых месторождений.

Кроме того, ГИС облегчают процессы управления горными работами и обеспечивают более эффективное использование ресурсов. Например, системы дистанционного зондирования и ГИС в сочетании с системами автоматизации процессов добычи и обработки руды позволяют контролировать и управлять эффективностью работы технологических установок, а также оптимизировать процессы складирования и транспортировки материалов.

В целом, использование ГИС в горном деле позволяет улучшить качество и эффективность горных работ, снизить затраты на производство и

улучшить экологические показатели. Поэтому ГИС становятся все более распространенным инструментом в горнодобывающей промышленности.

Примерами использования геоинформационных систем в горной промышленности являются:

1. Планирование горной разработки: геоинформационные системы могут использоваться для определения лучшего месторождения для горной выработки. Они могут также помочь в разработке дальнейших планов эксплуатации месторождений и увеличении эффективности использования их ресурсов.

2. Контроль качества продукции: геоинформационные системы могут использоваться для контроля качества добычи, обеспечивая точное определение содержания металлов и минералов. Это помогает снизить уровень отходов и улучшить качество конечной продукции.

3. Управление рисками и безопасность: геоинформационные системы могут использоваться для определения опасных зон, повышения уровня безопасности и уменьшения рисков для работников.

4. Измерение экологических последствий: геоинформационные системы могут использоваться для измерения экологических последствий добычи и оценки их воздействия на окружающую среду. Это важный аспект в горной промышленности и может помочь уменьшить негативные воздействия на окружающую среду.

5. Анализ данных: геоинформационные системы могут использоваться для анализа данных, связанных с геологическими характеристиками месторождения, добычей и эксплуатацией, что позволяет геологам и инженерам принимать более обоснованные решения и улучшать производительность предприятия.

В горном деле ГИС используется для принятия важных решений, например, определения оптимального местоположения шахты или рудника, анализа состава земли и планирования магистралей для транспортировки руды.

Геоданные, получаемые с помощью спутниковых снимков и электромагнитных картографических систем, помогают специалистам в горном деле более точно оценивать запасы руды и планировать добычу, что в свою очередь повышает эффективность работы и позволяет снизить риски и затраты.

Также ГИС может быть использована для оценки экологических рисков в горных районах и планирования мероприятий, направленных на минимизацию воздействия горнодобывающей деятельности на природную среду и местное население.

В целом, ГИС помогает специалистам в горном деле принимать взвешенные решения на основе обширной информации и минимизировать риски принятия ошибочных решений, что в конечном итоге способствует росту эффективности и экономической устойчивости отрасли.

Библиографический список

1. Карманов А.Г., Кнышев А.И., Елисеева В.В. Геоинформационные

системы территориального управления: Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 121 с.

2. Рузаков, А.А. Управление данными: учеб. пособие / А.А. Рузаков. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2015. – 132 с.

УДК 622.232

КАМНЕПАД И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМ

Трапезников К.С., Чаплыгин В.В.

Сибирский государственный индустриальный университет,

г. Новокузнецк, e-mail: ktsoopeg@gmail.com

В данной статье рассматривается явление камнепада, методы снижения вероятности его возникновения и обеспечения безопасности людей и техники от этого явления.

Ключевые слова: камнепад, борт карьера, безопасность на карьере.

Обеспечение безопасности на объекте добычи полезных ископаемых открытым способом является важной задачей. Камнепады остаются одним из главных поражающих факторов в горном деле, способных оказать уничтожающее действие на людей, работающих на предприятии и на горную технику.

В процессе ведения горных работ работники карьеров чаще получают травмы, чем во время проведения инженерных изысканий, обследования состояния карьерных откосов и других видов работ.

Проблемы защиты людей всегда актуальны и представляют большой интерес. А изучение такого явления как камнепад позволит решить задачи, связанные с защитой не только людей, но и горной техники.

Потребность защиты от камнепада испытывают не только горнодобывающие предприятия, но и другие отрасли народного хозяйства, где есть возможность срыва как небольших, так и значительных по объему масс горных пород, парализующих нормальную деятельность человека, а часто и представляющих опасность для его жизни.

Сейчас явление камнепада, как обрушение крупных каменных глыб, обломков пород, а также свободное падение камней на отдельных фрагментах уступов под действием силы тяжести, изучено недостаточно.

К основными причинами возникновения камнепада можно отнести сейсмические, оползневые, криповые процессы, атмосферные осадки, удары молнии, таяние снегов, и взрывные работы, а также в долгосрочной перспективе на вероятность возникновения данного явления могут повлиять выветривание, изменение структуры и сложения материнской породы, изменение режима грунтовых вод и работа карьера.

Снизить риск поражения от камнепада можно обеспечить за счет применения мер безопасности защиты людей и горного оборудования, работа-

ющих в карьере.

Современный рынок инженерной защиты предлагает возведение противокампнепадных защитных сооружений, целью которых является поддержание долговременной безопасности объектов капитального строительства, что часто недостаточно корректно учитывают специфику открытой разработки месторождений полезных ископаемых, состоящей прежде всего в непостоянстве границ карьеров. Поэтому не все виды защиты от камнепадов целесообразно использовать на горных карьерах.

На особо ответственных участках и в местах с высокой вероятностью образования камнепада, там, где часто возникает необходимость присутствия людей и оборудования, рекомендуется установка защитных противодеформационных сооружений, перехватывающих и камнеулавливающих систем (барьеры, стенки, тросовые и сетчатые завесы).

Ниже перечислены мероприятия, применяемые при риске камнепада или локальных обрушений.

1. Замена грунтов с недостаточной несущей способностью и пучинистых грунтов, для повышения несущей способности материалами с более высокой прочностью и снижение величины пучения.

2. Укладка на основной площадке армирующих элементов, для распределения нагрузки и снижение максимальных напряжений на грунты с недостаточной несущей способностью.

3. Устройство разделительных слоев, для предотвращения проникновения мелких частиц из нижних слоев в балластную призму.

4. Осушение грунтов на основной площадке и в зоне под ней, для снижения влажности грунтов на основной площадке и в зоне под ней.

5. Устройство теплоизоляции основной площадки (морозозащитные слои), для уменьшения промерзания и оттаивания грунтов деятельного слоя, что предотвращает пучение и повышает несущую способность в весенний период.

6. Мелиорация грунтов основной площадки и в зоне под ней, для улучшения свойств грунтов и балластных материалов.

7. Механизированная оборка уступов, для повышения несущей способности материалами с более высокой прочностью и снижение величины пучения.

8. Зачистка предохранительных берм безопасности между уступами с применением специальной техники, для уменьшения объема обрушенной горной массы на бермах и существенного уменьшения риска камнепада на нижележащие горизонты.

Снижение затрат на вскрышные работы при добыче может при достижении более крутых углов откоса может повлечь за собой негативные последствия в виде обрушений кусков горной породы с верхних горизонтов, а также и в целом нарушение устойчивости борта карьера.

Часто камнепады являются следствием развития процессов выветривания пород на склонах. Под влиянием процессов физического выветривания

обычная для скалистых пород трещиноватость прогрессирует. В развитии этого процесса существенную роль играют температурные напряжения (в особенности суточные колебания температур), а также вода. Замерзая в трещинах, она развивает боковое давление, создавая дополнительные условия для дальнейшего расчленения скального массива и отрыва отдельных блоков.

Следует выделить виды защитных мероприятий от выветривания:

- 1) отвод атмосферных, поверхностных и подземных вод;
- 2) повышение устойчивости горных пород тампонажем трещин и карстовых пустот;
- 3) организация мониторинга разного уровня на территориях интенсивного выветривания на искусственных и естественных обнажениях.

Сооружение предохранительных берм как защита от камнепада получило широкое распространение на разрезе «Степановский», они представляют собой полосу улавливания камней, падающих с верхней бровки, ограниченную породным валом. Предусмотрено проведение механизированной очистки предохранительной бермы на полосе улавливания камней, ширина которой обеспечит возможность для маневров бульдозера. Ширина бермы принимается не менее 10 м. Оборку откоса уступа необходимо производить перед зачисткой предохранительной бермы. Оборка производится для обрушения козырьков и нависей, что также снижает вероятность возникновения камнепада. Технологическая схема очистки предохранительной бермы на разрезе «Степановский» представлена на рисунке 1.

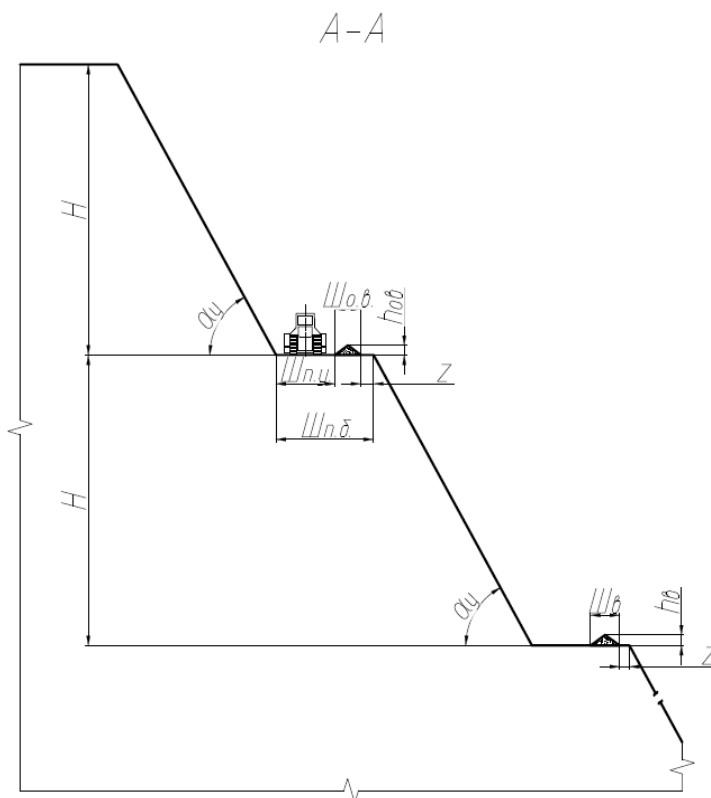


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки предохранительной бермы на разрезе «Степановский»

Библиографический список

1. Защита территорий от камнепадных процессов: учеб. пособие / М. Б. Мариничев, А.В. Макушева. – Краснодар: Изд-во ИЦ МНИФ «Общественная наука», 2017, – 97 с.
2. Каюмова А. Н. Закономерности процесса камнепада и выбор конструктивных параметров бортов карьера // ГИАБ. 2006. №4.
3. Каюмова А. Н. Прогноз последствий камнепада в карьерах // ГИАБ. 2004. №9.
4. Далатказин Тимур Шавкатович Исследования формирования оползней в Коршуновском карьере // Проблемы недропользования. 2017.

УДК 622.271 : 504.06

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ВЕЛИЧИН ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Кочетов М.А., Ещенко О.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

В статье приводится сравнение уровня концентрации загрязняющих веществ на карьере с нормативными значениями, установленными законодательством.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, загрязняющие вещества.

Анализ величины приземной концентрации загрязняющих веществ на карьере по добыче угля может быть проведен на основе данных о величине выбросов загрязняющих веществ во время процесса добычи угля (например, дыма и пыли), характеристики местности вокруг карьера (например, наличие ветра и препятствий) и результатов мониторинговой деятельности (например, измерения концентрации загрязняющих веществ в воздухе на разных участках окружающей среды).

Чтобы сделать более точный анализ, можно использовать математические модели, которые учитывают все вышеуказанные параметры. Эти модели могут предсказывать величину концентрации загрязняющих веществ на карьере и в окружающих зонах в разное время суток и при разных погодных условиях. Это может помочь определить, какие дополнительные меры защиты необходимы для того, чтобы уменьшить концентрацию загрязнений в воздухе.

Также можно сравнить уровень концентрации загрязняющих веществ на карьере с нормативными значениями, установленными законодательством, чтобы оценить степень экологического риска и принять соответствующие меры.

На горнодобывающих предприятиях, при строительстве новых объектов производственных площадок принято круглогодичное производство работ. Комплексная механизация производимых работ принята с использованием механизмов в одну и две смены.

Грунт для формирования площадки под строящийся объект завозится из карьеров самосвалами и послойно разравнивается бульдозером.

Весь комплекс земляных работ выполняются следующими механизмами:

- бульдозеры выполняют планировочные работы, устройство обвалований, оснований под проезды, обратную засыпку траншей, разравнивание грунта;

- экскаваторы, производят разработку грунта;

- уплотнение грунта предусматривается грунтовым катком, в неудобных местах пневмотрамбовками;

- разработка грунта вручную предусматривается при работе на зачистке дна траншей и котлованов при разработке грунта в приямках, на пересечениях с коммуникациями.

При выполнении исследований, расчеты рассеивания приземных массовых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выполнены на персональном компьютере с использованием программного комплекса «ЭРА-Воздух» в соответствии с «Методами расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утвержденными приказом Минприроды России № 273 от 06.06.2017 года.

Для расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферу выбран расчётный прямоугольник со следующими параметрами: 3600 на 3200 м, шаг расчетной сетки 200 м. Ось «У» совпадает с направлением на север.

В зону воздействия включена ближайшая жилая застройка.

Расчет осуществлен с автоматическим поиском опасного направления ветра и скорости, для определения максимально возможных приземных концентраций по всем загрязняющим веществам и группам суммации веществ однонаправленного воздействия, с учетом фонового загрязнения атмосферы.

При осуществлении намечаемой деятельности на период эксплуатации в атмосферный воздух возможно поступление 24 загрязняющих веществ, четыре из которых обладают эффектом суммарного вредного воздействия и создают три группы веществ, обладающих эффектом комбинированного вредного действия (суммация 6035 дигидросульфид + формальдегид, суммация 6043 сера диоксид + дигидросульфид и суммация 6204 азота диоксид + сера диоксид).

В расчет включены все источники выбросов по всем загрязняющим веществам, в том числе по суммации веществ однонаправленного воздействия.

По загрязняющим веществам, для которых установлены значения максимальных разовых, среднесуточных и среднегодовых ПДК, расчетные концентрации сопоставляются с ПДК, относящимися к тому же времени осред-

нения. Источниками выбросов загрязняющих веществ на период строительства являются: бульдозер, экскаватор, виброкатки, автосамосвалы.

От источников выделения в атмосферный воздух поступают следующие загрязняющие вещества: азота диоксид, азота (II) оксид, углерод, сера диоксид, углерода оксид, керосин, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70-20 % (шамот, цемент, пыль цементного производства – глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие).

Превышение ПДКм.р. на границе ближайшей жилой застройке не наблюдается ни по одному из загрязняющих веществ. Расчет показал, что превышение ПДКм.р. (1 ПДК) в расчетном прямоугольнике наблюдается для веществ, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальные доли ПДКм.р в расчетном прямоугольнике

Наименование загрязняющих веществ	МАХ доли ПДКм.р в РП
Диоксид азота	2,48
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния 70-20% (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола, кремнезем и другие)	2,13

По остальным веществам концентрация в расчетном прямоугольнике ниже 1 ПДК.

Анализ выполненных расчетов показал, что максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ и групп веществ, обладающих односторонним воздействием с учетом фона на границе ближайшей жилой застройки, не превышают допустимый санитарный уровень загрязнения атмосферы.

Выбросы загрязняющих веществ, выбрасываемых в период строительства, предлагается принять в качестве нормативов ПДВ.

Библиографический список

1. Методика расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утверждены приказом Минприроды России № 273 от 06.06.2017 года.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ ПОРОД ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ

Рузавкина С.А., Сергеев А.С., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

Существует несколько методов определения различных фракций горных пород после производства массовых взрывов.

В зависимости от целей и условий исследования, могут применяться разные методы определения фракций горных пород после массовых взрывов.

Ключевые слова: степень взрывного дробления, кусковатость пород, фракция пород.

При разрушении горных пород взрывом, образуется совокупность кусков, имеющих различные разнообразные формы и размеры. Качество взрывной подготовки горной массы оценивается двумя показателями: кусковатостью взорванной горной массы (средним диаметром куска взорванной горной массы или степенью дробления и выходом негабаритов) и параметрами развала взорванной породы (форма развала, размеры и коэффициент разрыхления).

Взрываемость вскрышных уступов определяется следующими характеристиками слагающих его пород: размер естественных блоков и сопротивляемость этих блоков взрывному разрушению.

Блочность массива пород вскрыши на угольных месторождениях оценивается средним диаметром естественных отдельностей.

Между блочностью и прочностью вскрышных пород существует взаимосвязь, которая приближенно характеризуется следующей зависимостью (таблица 1):

$$d_e \approx 0,02\sigma_{сж}, \quad (1)$$

где d_e – средний диаметр естественной, отдельности в массиве, м;

$\sigma_{сж}$ – временное сопротивление пород сжатию, МПа.

Рациональная степень взрывного дробления пород для подготовки горной массы к выемке по транспортной технологии определяется из выражения:

$$Z_p = 1 + d_e^2 (E^{0,25} + П_{ВВ})^{-1} \quad (2)$$

где Z_p – рациональная степень дробления пород, равная отношению среднего диаметра естественной отдельности в массиве (d_e , м) к среднему диаметру куска взорванной горной массы ($d_{ср}$, м);

E – вместимость ковша применяемого экскаватора, м³;

$P_{ВВ}$ – показатель относительной эффективности взрывчатого вещества, численно равный:

$$P_{ВВ} = K_{ВВ} \cdot C_{ВВ} / C_{ЭТ} \quad (3)$$

где $K_{ВВ}$ – переводной коэффициент ВВ эквивалентных зарядов;

$C_{ЭТ}$, $C_{ВВ}$ – стоимость соответственно эталонного и рассматриваемого ВВ, рублей.

Таблица 1 - Классификация вскрышных пород разрезов по блочности

Сопротивляемость пород взрыву	Категория пород по блочности	Блочность пород	Свойства пород	
			d_e , м	$\sigma_{сж}$, МПа
Легко-взрываемые	I	мелкоблочные	до 0,8	до 40
Средней взрываемости	II	среднеблочные	0,8÷1,2	40÷60
	III	крупноблочные	1,2÷1,6	60÷80
Трудно-взрываемые	IV	весьма крупноблочные	1,6÷2,0	80÷100
	V	исключительно крупноблочные	2,0÷2,4	100÷120
	VI	внекатегорийные	более 2,4	более 120

Удельный расход ВВ, обеспечивающий рациональное качество дробления пород Z_p определяется из выражения:

$$q = \frac{5d(Z_p - 1)}{d_e} \quad (4)$$

где q – удельный расход ВВ, кг/м³;

d – диаметр скважины, м.

Величина проектного удельного расхода ВВ (кг/м³) определяется с учетом обводненности горных пород:

$$q_{пр} = K_B \cdot q \quad (5)$$

где $q_{пр}$ – проектный удельный расход ВВ, кг/м³;

K_B – коэффициент, учитывающий обводненность взрываемого массива.

$$K_B = 1 + 0,15(d_e - 1)h_B/h \quad (6)$$

где h_B – высота столба воды в скважине, м;

h – высота уступа, м.

Качество дробления определяется:

– средним диаметром кусков взорванной горной массы, м

$$d_{\text{ср}} = 5dd_e(5d + q_{\text{пр}}d_e)^{-1} \quad (7)$$

– процентом выхода негабаритной массы для определенного размера ковша экскаватора, %

$$\varphi(x_{\text{н}}) = 100 e^y \quad (8)$$

где $x_{\text{н}}$ – линейный размер негабаритного куска, м;

e – основание натурального логарифма ($e \approx 2,72$);

y – показатель степени.

$$x_{\text{н}} = 0,75 \cdot E^{0,33}; \quad y = [-1,25 \cdot (x_{\text{н}} / d_{\text{ср}})]^{2,5} \quad (9)$$

Наиболее полно кусковатость (степень дробления) взорванной горной массы характеризуется гранулометрическим составом, определение которого на практике весьма трудоемко. Поэтому, для оценки качества взрыва на разрезах применяются следующие характеристики: средний диаметр куска горной массы, выход негабаритных кусков (процент от общего объема взрыва) и их гранулометрический состав; число негабаритных кусков на 1 м^3 горной массы.

В практике горных работ применяются следующие методы определения выхода различных фракций пород после проведения массовых взрывов:

1. Ситовой анализ - применяется для оценки гранулометрического состава породы. Ситовой анализ основан на механическом разделении частиц по крупности на решетках или ситах с отверстиями различной величины на классы крупности. Ситовые анализы позволяют определить крупность частиц до 40 мкм (минимальный размер отверстий применяемых сит). Существует несколько систем стандартных сит (ГОСТ 8032-56).

Средний диаметр (размер) куска горной массы определяется по формуле:

$$D_{\text{ср}} = \sum \gamma_i d_i / 100 \quad (10)$$

где γ_i - выход кусков данной фракции, %;

d_i - диаметр среднего куска данной фракции (середина класса), см.

2. По развалу взорванной горной массы, линейным методом, на равных интервалах через каждые 8 - 10 м натягиваются ленты и измеряются длины всех крупных кусков, попавших на ленту. Выход негабарита в процентах к объему взорванной горной массы, в данном случае, определяется как отношение суммарной длины крупных негабаритных кусков $\sum l_{\text{н}}$ к общей длине линии $\sum L$ и выражается в процентах:

$$V_{\text{н}} = \frac{\sum l_{\text{н}}}{\sum L 100} \quad (11)$$

3. Количественный метод, в данном случае подсчитываются количество негабаритных кусков, находящихся на анализируемой площади. Количество негабаритных кусков на 1 м^3 взорванной горной массы вычисляется по следующей формуле:

$$N = \frac{n\sqrt{n}}{s\sqrt{S}} \quad (12)$$

где n — число негабаритных кусков на площади замера S , m^2 .

Выход негабарита:

$$V_n = N \cdot V_{cp}$$

4. Поштучный учет (обмер) всех негабаритных кусков породы, подлежащих вторичному взрыванию.

5. Планиметрические (фотопланиметрические) методы измерения, при которых выход количества негабаритных кусков пород определяется как отношение суммарной площади негабаритных кусков в плане к общей площади, на которой производятся измерения.

Библиографический список

1. Бирюков А.В. Временная методика расчета параметров взрывной отбойки пород на угольных разрезах / А.В. Бирюков, Н.Я. Репин И.А. Паначев, А.С. Ташкинов // Москва: Типография ИГД им. А.А. Скочинского, 1976.

2. Бирюков А.В. Статистические модели в процессах горного производства / Бирюков А.В., Кузнецов В.И., Ташкинов А.С. // Кемерово: Кузбассвуиздат, 1996. – 228 с.

УДК 622.6

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОВЕРКИ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГОРНО-ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН

Мардиев А.В., Самойлова А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

Рабочая программа опытно-промышленной проверки эмпирических зависимостей для проверки эмпирических зависимостей расчета величины производительности современных механических лопат от величины средне-взвешенного размера кусков ворванных пород подразумевает проведение хронометражных наблюдений.

Ключевые слова: степень хронометражные наблюдения, производство буровзрывных работ, методика обоснования количества опытов.

Порядок проведения хронометражных наблюдений:

1. в соответствии с фактическим проектом производства буровзрывных работ принимаются исходные данные о горнотехнических условиях (γ_0 , σ_r , f , $d_{скв}$, $N_y...$) и параметры взрываемого блока ($q_{вв}$, W , a , b , ...);

2. устанавливаются: время набора ковша; время цикла; время загрузки автосамосвала; сменная производительность механической лопаты.

Следующий этап хронометражных наблюдений проводится для другого типа механических лопат и выполняется в аналогичной последовательности.

Для каждого этапа наблюдений выполняется:

1. расчет параметров БВР в модуле проектирования ПТК «Blast Maker»;

2. определяется производительность механической лопаты по данным расчета параметров БВР в модуле проектирования ПТК «Blast Maker»;

3. анализ результатов экспериментальных исследований и оценка достоверности эмпирических зависимостей.

Достоверность результатов достигается на основании методики обоснования количества опытов для обеспечения математической достоверности результатов исследований при расчете величины производительности механических лопат от величины средневзвешенного размера кусков ворванных пород.

Число замеров для получения достоверного значения производительности типов механических лопат от величины средневзвешенного размера кусков ворванных пород определяется по данным серии опытов.

Предположим, что в результате первых трёх опытов определённой серии эксперимента установлен исследуемый параметр - величина производительности механической лопаты.

Далее вычисляется среднеарифметическое значение этой величины:

$$a = \frac{R_{1i} + R_{2i} + R_{3i}}{3}, \% \quad (1)$$

Определяется среднеквадратичное отклонение, которое характеризует неоднородность определяемого показателя и величину ошибки:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(a - R_{1i})^2 + (a - R_{2i})^2 + (a - R_{3i})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Для сравнения результатов определения неоднородности исходного показателя при различных опытах вычислялся вариационный коэффициент:

$$C = \frac{\sigma \cdot 100}{a}, \% \quad (3)$$

Количество опытов в зависимости от величины вариационного коэффициента, заданной точности опробования и допустимой погрешности рассчитывается по формуле:

$$N_{min} = \frac{K^2 \cdot C^2}{[(1-p) \cdot 100]^2} \quad (4)$$

где p – требуемая вероятность 0,8; 0,9; 0,95;

K – коэффициент гарантии заданной точности принимается соответственно значениям p : 1,3; 1,65; 2,0.

Число опытов рассчитывается для получения достоверного результата для каждой серии эксперимента. В случае, если минимальное количество опытов больше трёх (предварительной серии), производится дополнительное измерение и повторный расчёт.

Если воспроизвести условия серии опытов невозможно, результаты замеров исключаются, и серия опытов проводится повторно с увеличенным количеством замеров в предварительной серии.

Все последующие расчёты выполняются по средним значениям установленного параметра, полученным в результате проведенных экспериментов.

Результаты экспериментальных данных при установлении зависимости функции между двумя величинами x и y для опытных данных x_1, x_2, \dots, x_n , соответствующим y_1, y_2, \dots, y_n проводятся по методу наименьших квадратов.

Тип функции $y = f(x)$ устанавливался на основании теоретических предпосылок, путем подбора соответствующих кривых методом выравнивания.

Точность теоретической зависимости оценивается величиной ошибки, которая определяется по формуле:

$$\Delta y = y_i - f(x_i) \quad (5)$$

где Δy – ошибка опыта;

y_i – расчетное по эмпирической формуле;

$f(x_i)$ – полученное значение.

Среднеквадратическое отклонение определяется по формуле:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{\sum [y_i - f(x_i)]^2}{n-1}} \quad (6)$$

Для заданной зависимости определялся коэффициент вариации:

$$K_{\text{вар}} = \frac{100\% \cdot \sigma'}{\bar{y}} = \frac{100}{m} \cdot \sum \sqrt{\frac{\sum [y_i - f(x_i)]^2}{n-1}} \quad (7)$$

где m – число групп, на которые разбивается исследуемый диапазон функций;

n – число замеров в группе.

Библиографический список

1. Васильев Е. И. Некоторые вопросы обоснования производительности и размеров карьера при разработке свиты крутопадающих пластов. – Москва : МГИ, 1958.

2. Друкованый, М. Ф. Влияние дробления пород на эффективность технологических процессов открытых горных разработок / М. Ф. Друкованый, Б. Н. Тартаковский, В. С. Вишняков, Э. И. Ефимов // Киев: Наукова думка. 1974. – 271с.

**ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ НА ГИДРООТВАЛАХ,
ПАРАМЕТРОВ ПТС «ОТВАЛ-ГИДРООТВАЛ»,
ИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

Смоленцева О.С., Самойлова А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: chief.a.v@mail.ru*

При открытой разработке месторождений нужных ископаемых в Кузбассе и КМА на вскрышных работах вместе с отвалообразованием применяется гидромеханизационный метод, включающий процесс гидравлического складирования пород.

Ключевые слова: гидроотвал, безопасность работ.

В некоторых горно-геологических условиях сухие отвалы отсыпаются на гидроотвалах. Исследованием вопросов формирования намывных сооружений и предстоящего их использования под сухие отвалы занимались: Григорий Аркадьевич Нурок, Анатолий Моисеевич Гальперин, Евгений Андреевич Кононенко и др.

Обеспечение безопасности отвалообразования на гидроотвалах достигается выбором оптимальных параметров сооружений и технологии горных работ, которые, в свою очередь, базируются на знании инженерно-геологических условий, и рассматривающих данные объекты во взаимодействии друг с другом и природной средой. Данная специфика заставляет изучать сложное образование «отвал+гидроотвал» в рамках природно-технической системы (ПТС), состоящей из компонентов природной среды (ПС) и технической среды (ТС). Элементы технической среды включают в себя горнотехнические сооружения - отвал, гидроотвал или их совокупность. Формирование и функционирование ПТС подчиняется «закону внутреннего динамического равновесия», который регулирует взаимосвязи между отдельными компонентами системы, не позволяя каждой из них изменяться без последствий для другого. Любые изменения в системе ставят под угрозу ее существование в первоначальном или проектируемом видах.

Инженерно-геологическое обеспечение функционирования ПТС «отвал-гидроотвал» необходимо осуществлять в соответствии с системой инженерно-геологического обеспечения, которая включает комплекс работ и исследований, по трем направлениям: 1 – изучение инженерно-геологических условий отвалообразования; 2 – обоснование оптимальных параметров ПТС; 3 – мониторинг состояния ПТС.

Намывные техногенные отложения - наиболее важный элемент гидро-

отвала, поэтому их изучение является достаточно серьезным научным вопросом. При его решении для конкретного намывного объекта следует использовать обоснованную проф. Ю.И. и Н.А. Кутеповыми схему технолитогенеза намывных отложений, которая отражает последовательность формирования состава, состояния и свойств техногенных пород гидроотвалов, определяющие природные и технологические факторы, их роль и взаимосвязь на различных этапах. Одним из важнейших элементов данной схемы является состав намывных пород, который закономерно изменяется в массиве в результате фракционирования частиц из потока пульпы по мере ее продвижения по поверхности гидроотвала. Это приводит к закономерной смене в намывном массиве гидроотвала зон песчано-супесчаных, суглинистых и глинистых пород.

Одной из основных особенностей намывных массивов, сформированных из глинистых пород, является нестабильное во времени напряженно-деформированное состояние пород, связанное с развитием и рассеиванием избыточного порового давления. На исследуемом объекте проведены экспериментальные гидрогеологические наблюдения в плотинах по гидрогеомеханическим станциям контроля устойчивости, выполнены расчеты избыточного порового давления в массиве после завершения эксплуатации гидроотвала, произведено сравнение результатов полученных расчетных и экспериментальных исследований. Также установлен в плотинах и их основаниях гидродинамический режим в водоносных горизонтах, зависящий от условий питания, интенсивности намыва гидроотвала и нагружения откосов различными насыпями.

Нестабильное напряженное состояние намывных массивов сказывается на физико-механических свойствах слагающих их отложений.

Не менее важным вопросом при инженерно-геологической оценке ПТС «отвал-гидроотвал» являются свойства насыпных пород, которые выполняет активную роль в переформировании намывного массива. Породы «сухих» отвалов Талдинского месторождения представлены обломочным материалом из вскрышных полускальных угленосных отложений кольчугинской (Р2) серий, а также мягкими связанными отложениями неоген-четвертичного возраста. Основную долю среди них составляют песчаники (31-80 %) и алевролиты (14-57 %). Выполнены определения показателей физико-механических свойств, используемых в геомеханических расчетах и при численном моделировании методом конечных элементов (МКЭ). Установлено, что для песчаников, алевролитов и их смесей углы внутреннего трения составляют $28-34^\circ$, сцепление – 0,015-0,025 МПа, плотность – 1,8-1,85 т/м³. Для суглинков, смесей полускальных пород и суглинков, а также выветрелых разностей полускальных пород (техногенный элювий) углы внутреннего трения могут снижаться до 10° в зависимости от состава,

влажности и соотношения различных фракций пород.

Библиографический список

1. И. Кутепов, Н. А. Кутепова, М. А. Карасев, Н. Г. Фоменко. Геомеханическое обоснование отсыпки отвалов «сухих» пород на гидроотвалах / Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология, 2015, № 2, с. 128-133.

УДК 504.062

ПРОТИВОЭРОЗИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Трапезников К.С., Коновалова О.Ю., Садыков А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ktsoopeg@gmail.com; ko.gd191@mail.ru*

В данной статье рассматривается процесс рекультивации и, входящие в него, противоэрозионные мероприятия, а также их практическое применение. Приведены этапы процесса рекультивации, изложена реализация инженерно-технической части процесса восстановления нарушенных земель.

Ключевые слова: горнотехническая рекультивация, этапы рекультивации, эрозия почвы, противоэрозионные мероприятия, добыча угля.

Угольная промышленность с каждым годом увеличивает объемы производства. На сегодняшний день в Кузбассе работают 152 угледобывающих и перерабатывающих предприятий, из которых 57 разрезов отводится на добычу коксующихся и энергетических углей [1].

Интенсивное освоение природных ресурсов сопровождается нарушением природных ландшафтов, соответственно нуждающихся в восстановлении. В связи с этим стоит острая задача по горной рекультивации нарушенных земель.

Горнотехническая рекультивация — это комплекс горнотехнических работ по восстановлению природного ландшафта, измененного в результате открытой разработки месторождений полезных ископаемых [2].

После прекращения добычи угля угольные разрезы обязаны восстановить нарушенные земли в пригодное состояние для использования в сельском, лесном, рыбохозяйственном, строительном, природоохранном, санитарно-гигиеническом или рекреационном направлениях [3].

Работы по рекультивации нарушенных земель следует вести в соответствии с утвержденными проектной документацией и паспортами ведения горных работ. Этапы рекультивации прописаны в плане развития горных работ (ПРГР) и в рабочих проектах предприятия. Проект составляется специальными проектными организациями и проходит независимую экологическую экспертизу [4].

Процесс рекультивации разделяется на технический и биологический этапы возведения земель [5]. На карьерах работы по добычи полезных ископаемых проводятся в течение длительного времени, поэтому рекультивация горных выработок и отвалов включается в технологическую схему разработки месторождения и осуществляется постоянно [6].

Реализация инженерно-технической части процесса начинается с подготовки, которая включает обоснование и оценку целесообразности осуществления инвестиций с целью принятия рационального решения, а также разработку рабочей документации.

Под воздействием атмосферных осадков и ветра происходит нарушение естественного растительного покрова почвы и почвенного горизонта. В результате чего происходит разъедание верхней части плодородной земли, сопровождающееся отрывом и выносом элементов и дальнейших их отложением и оседанием. Разрушение и смыв незакрепленного растительностью почвенного покрова под действием потоков воды, а иногда и почвообразующих пород, называют водной эрозией. Данный вид эрозии протекает вследствие нарушения устойчивого водного режима от поверхностного стока дождевых или талых вод.

На образование такого явления влияют рельефы, климатические условия, хозяйственная деятельность человека, химический состав почвообразующих слоев. Первичный и самый опасный вид водной эрозии, это капельно-дождевая эрозия.

На поверхности рекультивации отвалов проводится планировка и землевание. Землевание выполняется за счет снятого почвенного слоя или потенциально плодородных пород и осуществляется с помощью грунтомета, способного выбрасывать фрезерованный грунт на расстояние до 35 м.

Для создания растительного покрова используют гидропосев многолетних трав, рабочая смесь которого может включать воду, почву, опилки, семена многолетних растений и древесно-кустарниковой растительности, небольшие дозы минеральных удобрений, пленкообразующие материалы и т.д. Озеленение поверхности ослабляет эрозионные процессы и повышает устойчивость откосов.

Для предупреждения ускоренной эрозии почв на склоновых землях, уменьшения заиления прудов и рек, выравнивание конфигураций полей и вовлечение в оборот эродированных земель, применяются противоэрозионные гидротехнические сооружения, посредством которых осуществляются водохозяйственные мероприятия. [6].

По месторасположению противоэрозионные сооружения делятся на следующие виды:

- 1) склоновые (валы-террасы, валы-канавы, водозадерживающие валы);
- 2) вершинные (быстротоки, перепады);
- 3) донные (пороги, запруды, дамбы).

Площадь земельного отвода, рассматриваемого на примере разреза «Степановский», составляет 985,5 га, из них на момент проведения рекуль-

тивационных работ 196,1 га остаются ненарушенными. Таким образом необходимо провести рекультивацию земель общей площадью 789,5 га. Для этой цели, после нанесения плодородного слоя, необходимо выполнить комплекс работ по организации некоторых из следующих гидромелиоративных противоэрозионных мероприятий.

- 1) Размещение распылителей стока;
- 2) Установка водоотводных каналов на склонах, для перехвата и отвода большого склонового стока талых и ливневых вод;
- 3) Возведение водозадерживающих и водоотводящих валов и канав перед вершинами оврагов;
- 4) Организация склоновых подъемов с водопроводящими валиками и канавами, для задержания и использования вод склонового стока;
- 5) Использование лиманов на ложбинах, для задержания и использования вод склонового стока;
- 6) Применение террас различного типа;
- 7) Размещение овражных гидротехнических сооружений вершинного и донного типа (быстротоки, перепады, консоли);
- 8) Возведение плотин в оврагах и балках;
- 9) Применение приемов подготовки к с/х использованию сильно расчлененных линейной эрозией склоновых земель (засыпка промоин и мелких оврагов, выполаживание откосов более крупных оврагов, планировка поверхности сильно расчлененных склонов);
- 10) Использование гидротехнических мер, направленных на предупреждение ирригационной эрозии на склоновых землях (тщательная планировка поверхности участка орошения, укрепление водосбросов и т. д).

При использовании существующих технологий переработки полезных ископаемых до 70% исходного материала уходит в хвостохранилища. Авторами [7] предлагается использовать полимерные составы на основе полиэлектролитных комплексов для предотвращения ветровой и водной эрозий дисперсных систем (отвалы, хвостохранилища). Данные составы могут быть использованы для улучшения экологической обстановки в местах расположения горнодобывающих и металлургических производств.

В статье [8] изучено влияние многолетних трав на течение водной эрозии на примере Стойленского железорудного месторождения. На основе эксперимента был сделан вывод, что применение многолетних трав повышает противоэрозионную устойчивость отвалов.

Исследовано [9] применение составов, содержащих жидкое стекло, лигносульфонат и латекс с целью предотвращения пылевыделения в атмосферу разрезов при ветровой эрозии. Описана технологическая схема обработки поверхности навала угля, которая показала свою эффективность.

В статье [10] рассматриваются проблемы водной эрозии на отвалах горных пород в Канско-Ачинской лесостепной географической зоны. Отмечается, что создан новый тип техногенных ландшафтов – горнопромышленный.

В Эквадоре [11] для борьбы с эрозией предлагается проводить выпо-

лаживание откосов на участках карьера, создавать залуженные водостоки в верхней части карьера, проводить мероприятия лесонасаждения и использовать многолетние травы с целью укрепления поверхностной части грунтов.

Авторы [12] для закрепления откосов в Западной Сибири, которые подвергаются водной эрозии, предлагают следующую методику. Сначала наносится на поверхность спланированных откосов торф или торфопесчаная смесь, затем для предотвращения смыва торфогрунта устраиваются подпорные стенки. Следующим этапом производится посев сложных травосмесей с применением минеральных удобрений для их скорейшего роста. Параллельно рекомендуется проводить посадку черенков ив и семян волоснеца песчаного. Обязательным условием отмечается устройство гидротехнических сооружений на вершине отвалов и его склонов с целью дренажа, отвода избыточной воды, оползней, оврагообразования и предотвращения линейной эрозии.

Вывод. Кузбасс испытывает огромную техногенную нагрузку. На сегодняшний день имеются большие территории обработанных земель на предприятиях угольной промышленности, занимающие значительные площади, требующие проведение рекультивационных работ. Проведение рекультивации в значительной степени будет способствовать улучшению экологической обстановки в Кузбассе. Существует большое количество методик и материалов, которые позволяют улучшить экологическую обстановку региона.

Библиографический список

1 Официальный сайт Министерства угольной промышленности Кузбасса – Угольная отрасль Кузбасса в цифрах [Электронный ресурс] – URL: <https://mupk42.ru/ru/industry/> (Дата обращения 20.04.2023 г.).

2 Горная энциклопедия – Горнотехническая рекультивация [Электронный ресурс] – URL: <http://www.mining-enc.ru/g/gornotexnicheskaya-rekultivatsiya> (Дата обращения 20.04.2023 г.).

3 Компьютерная справочная правовая система «Консультант Плюс» – Постановление Правительства Российской Федерации №140 от 23.02.94 г. [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_3234000 (Дата обращения 19.04.2023 г.).

4 «НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС» – Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 г. №1466 «Об утверждении Правил подготовки, рассмотрения и согласования планов и схем развития горных работ по видам полезных ископаемых» [Электронный ресурс] – URL: <https://base.garant.ru/74660560> (Дата обращения 19.04.2023 г.).

5 ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы (ССОП). Рекультивация земель. Термины и определения.

6 Эко дело – Рекультивация карьерных выемок и отвалов [Электронный ресурс] – URL: https://ecodelo.org/9928-64_rekultivatsiya_karernykh_vyemok_i_otvalov-rekultivatsiya_zemel (Дата обращения 19.04.2023 г.).

7 Михайкин С. В., Смирнов А. Ю., Алексеев А. Н., Пронина Л. В.,

Зезин А. Б., Ануфриева С. И. Интерполиэлектролитные комплексы для закрепления поверхности и предотвращения пылепереноса, ветровой и водной эрозии хвостохранилищ, золоотвалов и других дисперсных систем // Горный информационно-аналитический бюллетень. – №3. – 2004. – с. 278-282.

8 Шатунова Ю. В. Многолетние травы и эрозия на склонах Стойленского горно-обогатительного комбината // Горный информационно-аналитический бюллетень. – №S2. – 2010. – с. 49-50.

9 Подображин С. Н. Предотвращение пылевыведения в атмосферу разрезов при ветровой эрозии // Безопасность труда в промышленности. – №6. – 2011. – с. 16-22.

10 Зеньков И. В., Мордвинов А. В., Волков А. В., Кирюшина Е. В., Вокин В. Н. Исследование и оценка влияния водной эрозии на рельеф породных отвалов разреза «Бородинский» // Уголь. – №2 (1043). – 2013. – с.73-77.

11 Хакоме И. Э., Кравченко Р. А., Гилькапи П. Э. Оценка потенциальной эрозионной опасности территории в зоне влияния карьера в окрестностях города IBARRA, Эквадор // Путь науки. – №4 (38). – 2017. – с. 117-119.

12 Капелькина Л. П., Мязин В. А. Биологические методы закрепления откосов подверженных водной эрозии, в Западной Сибири // Экология и промышленность России. – №8. – 2020. – с. 40-45.

УДК 622.831

ОТРАБОТКА ЗАПАСОВ ТОНКИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ГРАНИЦАХ ГОРНОГО ОТВОДА ООО «ШАХТА «ЕСАУЛЬСКАЯ»

Панфилов В.Д., Никитина А.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: vadim.panfilov.2000@gmail.com*

Проведен анализ отработки тонких пластов в разных странах мира, разработаны технико-технологические решения по эффективной отработке остаточных запасов тонких угольных пластов ООО «Шахта «Есаульская» с целью комплексного освоения недр.

Ключевые слова: отработка остаточных запасов, пласт, безлюдная выемка, комплексное освоение недр.

На сегодняшний день в России область рационального применения эффективных технологий отработки угольных пластов ограничена следующими основными горно-геологическими и горнотехническими условиями: угол падения пласта 0-25°, вынимаемая мощность пласта 1,3 - 4,5 м, глубина разработки до 600 м, длина выемочных полей 2-4 км, длина очистного забоя до 350 м и др. Это говорит о высоком потенциале технико-экономических показателей новых и модернизированных шахт Кузбасса.

Кроме России, тонкие пласты разрабатываются во многих странах с развитой угледобывающей промышленностью. Самые высокие показатели

достигнуты на шахтах США, Австралии, Германии и ЮАР. Однако, отсутствие единой классификации пластов по их мощности приводит к тому, что в разных странах к категории тонких относятся пласты разной мощности, таблица 1 [1].

Таблица 1 - Классификации тонких пластов по их мощности в разных странах мира [1]

Бельгия	Болгария	Великобритания	Германия	Франция	Чехословакия	Россия	США
0,6 м	1,3 м	0,91 м	0,7 м	1,0 м	1,0 м	1,2 м	1,05 м

Проведенный анализ показал, что технология и техника подземной разработки тонких пологих пластов на зарубежных шахтах мало, чем отличается от разработки пластов средней мощности. Пласты разрабатываются по сплошной, столбовой или комбинированной системам разработки забоями, длина которых может достигать 200 - 350 м. График применения систем разработки в зависимости от процента добычи в разных странах представлен на рисунке 1.

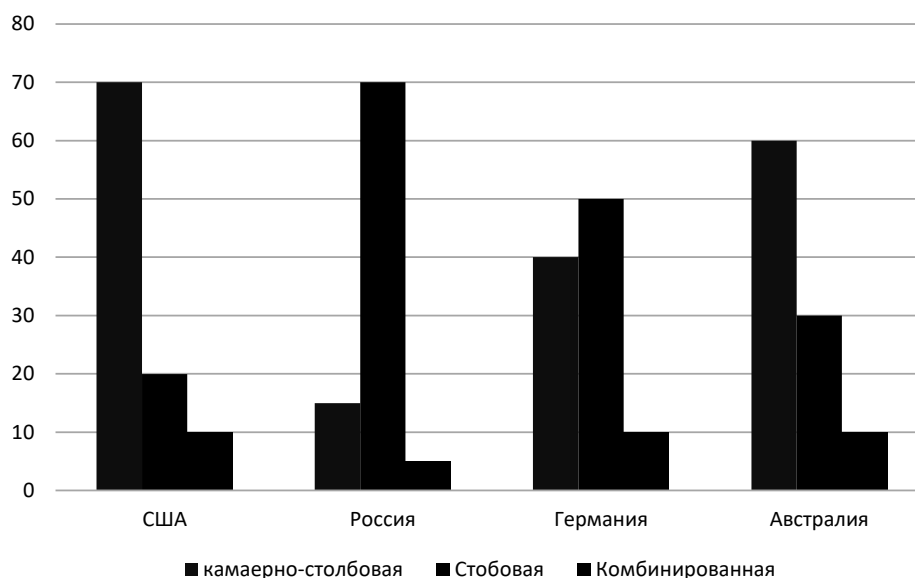


Рисунок 1 - График применения систем разработки в зависимости от % добычи в разных странах мира [1]

Однако на действующих шахтах России в т.ч. Кузбасса, введенных в эксплуатацию в прошлом столетии, возможность применения новых эффективных отечественных и зарубежных технологий и технических средств угледобычи для доработки остаточных запасов угля тонких пластов весьма ограничена сложной и нерациональной инфраструктурой горного хозяйства.

Одним из основных направлений повышения эффективности угольной отрасли является переход на новые технологии отработки остаточных запасов тонких пластов угля. Для этого появляется необходимость разработки

принципов конструирования геотехнологии месторождения, адаптивной к сложным горно-геологическим и горнотехническим условиям остаточных запасов тонких пластов угля в пределах горных отводов действующих шахт.

Исходя из вышесказанного, актуальной научно-практической задачей является разработка и реализация технологических решений для создания геотехнологических систем шахт, обеспечивающих эффективную и безопасную отработку остаточных запасов угля тонких пластов в пределах горных отводов действующих и проектируемых угольных шахт.

В качестве объекта исследования рассмотрим горный отвод ООО «Шахта «Есаульская». Шахта расположена в 4 км от ж.д. станции Курегеш в северной части Байдаевского каменноугольного месторождения. Шахта на сегодняшний день ведет отработку запасов пласта 29а.

В пределах горного отвода ООО «Шахта «Есаульская» залегают пять пластов угля марки ГЖ и Ж: 31, 32, 33, 34, 37 в среднем диапазоне от 0,9 до 1,7 м, что в современной практике разработки угольных месторождений Российской Федерации говорит об утрате огромных запасов месторождения, так как в большей степени приоритет разработки отдается пластам средней мощности. В тонких пластах Байдаевского района содержится порядка 43% остаточных запасов, что ставит важным вопрос о разработке новых эффективных способов и средств отработки тонких угольных пластов.

В России одним из самых распространенных и эффективных способов отработки тонких пластов является струговая выемка. Достоинствами струговой выемки являются [2-4]:

1) малооперационность и возможность полной автоматизации очистных работ;

2) высокий уровень безопасности работ, т.к. нет необходимости нахождения людей в забое при работе струга и строгий контроль рудничной атмосферы за счет специально оборудованных датчиков;

3) струговые установки более просты по конструкции и не имеют передачи электроэнергии по силовому гибкому кабелю к движущейся машине, что уменьшает затраты на электроэнергию;

4) сервисное обслуживание струга значительно проще ввиду конструктивной простоты техники, которая в значительной части состоит только из механических частей и ограниченного набора специально оборудованных датчиков;

5) обеспечение высокой точности подвигания очистного забоя за счет движения струга вдоль лавы осуществляется по специальным направляющим и для большей точности осуществляется с помощью специальных систем позиционирования струга в очистном забое;

6) струг работает с высокой скоростью подачи и относительно небольшой величиной стружки.

Профильным ИГД им. А. А. Скочинского совместно с ПНИУИ разработана принципиально новая отечественная технология ведения очистных работ с комплексом КМБМ, позволяющая во многом устранить недостатки,

присущие комбайновой и струговой технологиям выемки и вместе с тем совместить положительные качества этих технологий при отработке пологих пластов мощностью 0,9 - 1,4 м.

В состав комплекса КМБМ входят: механизированная крепь, быстроходная выемочная машина БВМ с малым захватом; лавный скребковый конвейер со скалывающее-погрузочным лемехом; электрооборудование; крепь сопряжения; насосная и магнитная станции. Новая технология ведения очистных работ показана на рисунке 2.

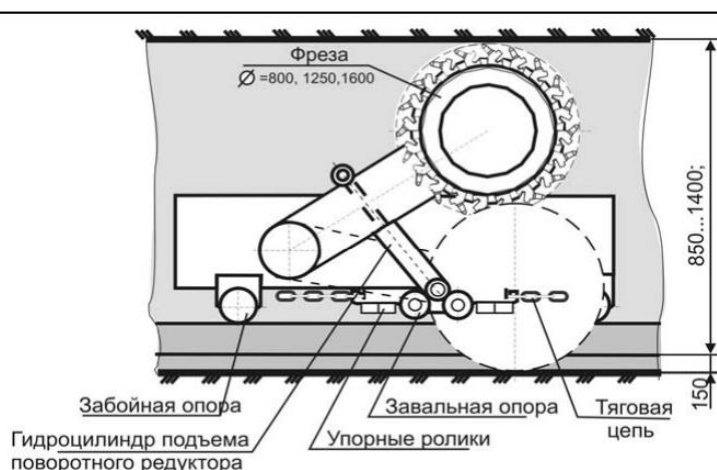
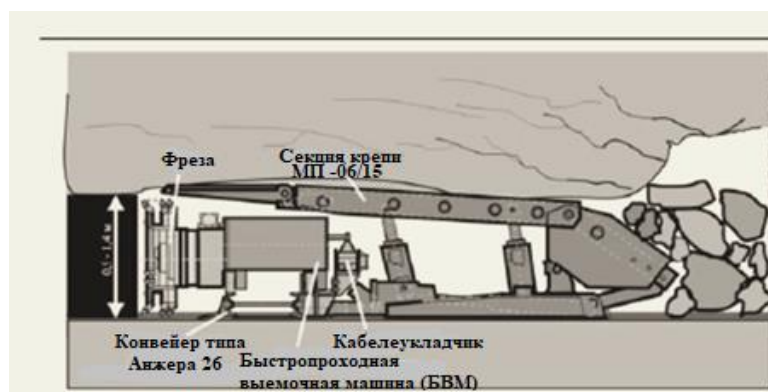


Рисунок 2 – Быстроходная выемочная машина (БВМ) в увязке с крепью МП-06/15 и конвейером типа «Анжера» - 26 [1]

Транспортировка отбитой массы угля может осуществляться с помощью ленточного конвейера 2ЛТ100У-01, максимальная производительность которого равна 850 т/ч и предельные углы наклона, град —3...+10. Данные параметры с большим запасом могут обслуживать производительность шахты по выдаче угля на поверхность, а также обеспечить транспортировку отбитой горной массы на разных горизонтах ввиду возможности работы на различных углах наклона.

Струговая выемка так же обладает большим запасом для развития технологии безлюдной выемки, с реализацией которой будет достигнут ряд преимуществ в сравнении с классической комбайновой выемкой угля:

- позволяет вывести из зоны ведения очистных работ людей, повышая

тем самым безопасность ведения горных работ;

- снижает себестоимость добываемого угля за счёт снижения удельного расхода электрической энергии и оптимизации фонда заработной платы;

- позволяет вынимать угольные пласты некондиционные по мощности и зольности в местах их геологических нарушений;

- в автоматизированном струговом очистном забое все процессы ведения очистных работ протекают под строгим контролем специально созданных компьютерных систем, контролируя движение очистного забоя в строго заданных параметрах в соответствии с газовой обстановкой, за счет установки специальных датчиков позиционирования и датчиков состояния рудничной атмосферы и глубины резания, которая может изменяться в зависимости от крепости угля.

Вывод. Способ струговой выемки тонких пластов является одним из перспективных направлений для дальнейшего развития технологии безлюдной выемки, так как обеспечивает вывод людей из зоны очистных работ и затрагивает вопрос доработки остаточных запасов, сокращая потери угля. Байдаевское месторождение – перспективная площадка для развития направления отработки тонких угольных пластов с целью получения обширного опыта в области разработки технологической базы и его переноса на предприятия с подобными горно-геологическими условиями. Предлагается к внедрению способ струговой выемки тонких угольных пластов на ООО «Шахта «Есаульская».

Библиографический список

1. Лиманский А. В. Высокоинтенсивная энергосберегающая технология выемки тонких пологих пластов быстроходной выемочной машиной (БВМ) / А. В. Лиманский // ГИАБ. 2006. №5. - С.209-214.

2. Высокоэффективная струговая выемка при отработке тонких пластов в условиях шахт Кузбасса // Борзых Д.М., Никитина А.М, Риб С.В. / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 55–57.

3. Разработка технико-технологических решений для отработки остаточных запасов в пределах горного отвода шахты «Есаульская» // Никитина А.М, Риб С.В., Борзых Д.М., / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2021. – С. 126–130.

4. Никитина А. М. Доработка остаточных запасов ООО Шахты «Полосухинская» / А. М. Никитина, С. В. Риб, Д. М. Борзых // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 19–21 мая 2020 года / Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева. Том Выпуск 24. Часть VI. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2020. – С. 162-167.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ КАРЬЕРА «ЮБИЛЕЙНЫЙ»

**Панфилов В.Д., Григорьев А.А., Альвинский Я.А.,
Мананников С.Д., Никитина А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: vadim.panfilov.2000@gmail.com*

Разработан комплекс мероприятий по поддержанию устойчивости Северо-Восточного сегмента откоса борта карьера «Юбилейный» с целью повышения уровня безопасности ведения открытых горных работ на предприятии.

Ключевые слова: карьер, анкер, эпоксидная смола, открытые горные работы.

АК «АЛРОСА» (ПАО) – крупнейший в мире производитель алмазов в каратах, доля которой в мировой добыче по данным на 2019 год составила более 27%. «АЛРОСА» ведет добычу в Республике Саха (Якутия) и Архангельской области, разрабатывая 13 кимберлитовых трубок и 14 россыпных месторождений, одним из которых является карьер «Юбилейный». Кимберлитовая трубка Юбилейная, открытая в 1975 г. Амакинской геологоразведочной экспедицией, относится к числу наиболее крупных коренных месторождений алмазов, как в Якутии, так и в мире. Географически трубка располагается в 15 км северо-западнее пос. Айхал в верховьях р. Мархи – крупного левого притока реки Вилюй, впадающей слева в р. Лену и находится в пределах лицензионного участка площадью 7,295 км² с глубиной 1300 м [1]. Каркасная 3D модель месторождения представлена на рисунке 1.

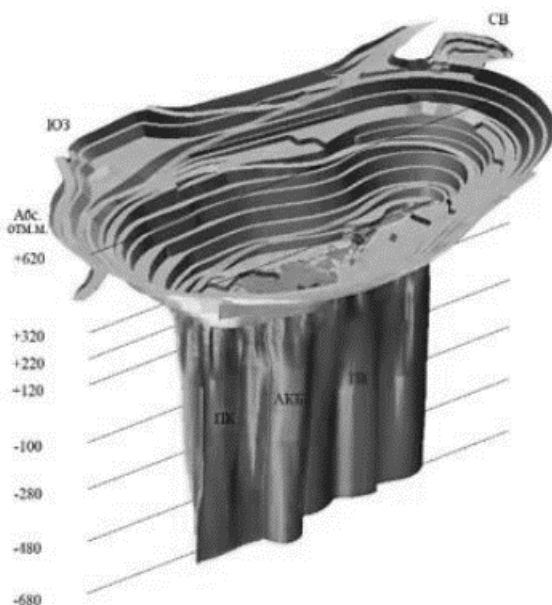


Рисунок 1 – Каркас 3D модель карьера «Юбилейный»

Сегодня на территории предприятия происходит процесс поэтапного снижения объемов добычи руды. Это связано с тем, что фактическая площадь рудного тела на верхних горизонтах (гор. +185 м) существующего на данный момент карьера несколько меньше, чем площадь руды по геологическим данным, так как часть руды уже отработана. В связи с этим, с увеличением глубины разработки происходит изменение площади трубки Юбилейная. Данные об изменении поперечного сечения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение поперечного сечения трубки Юбилейная с глубиной разработки [1]

Горизонт, м	Площадь поперечного сечения рудного тела в контуре карьера, м ²
275	153368,6
200	140384,9
100	83241,8
0	55893,0
-100	47215,9
Средняя	96020,8

Это впоследствии, приведет к направленному проектному снижению темпов добычи руды в карьере до 1,8 млн т/год на конец отработки. График снижения интенсивности горных работ на предприятии представлен на рисунке 3[1,2].

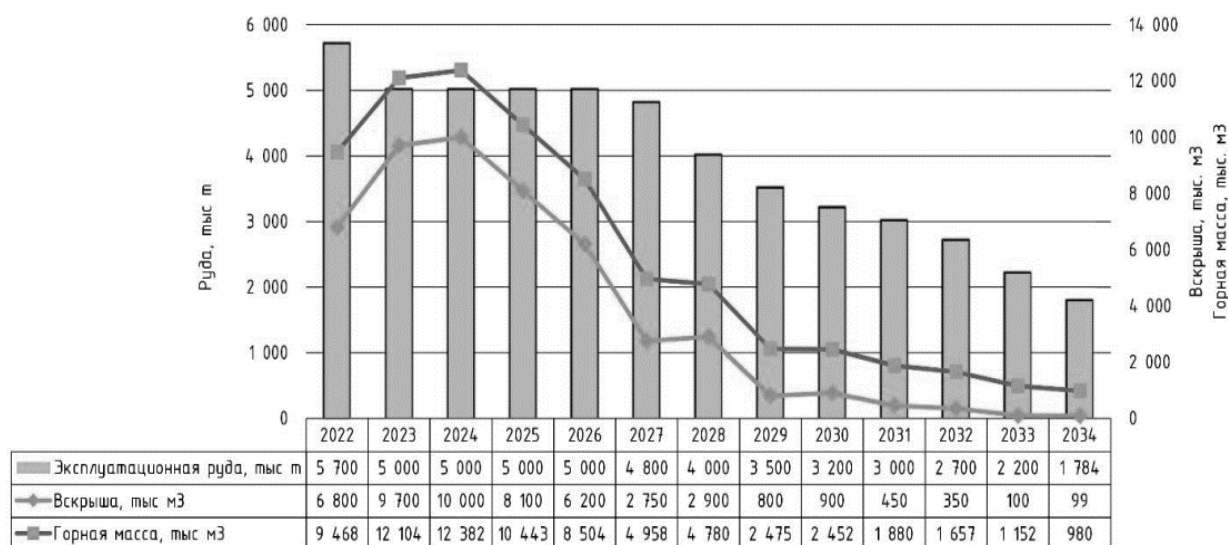


Рисунок 3 - Динамика поэтапного снижение объемов добычи руды

С проведением плановых мероприятий закономерно увеличивается срок службы поставленных в предельное положение уступов бортов и площадь поверхности откосов, которые необходимо содержать в безопасном состоянии, для предотвращения откалывания части массива. По совокупности факторов, а именно как наиболее деформированный и имеющий стратегиче-

ское значение для безопасного обеспечения проектной отработки нижних горизонтов карьера, требующий применения дополнительных мероприятий, направленных на его поддержание в устойчивом состоянии, выбран северо - восточный сегмент откоса над транспортным автосъездом. Схема тектонических нарушений карьера представлена на рисунке 4 [1].

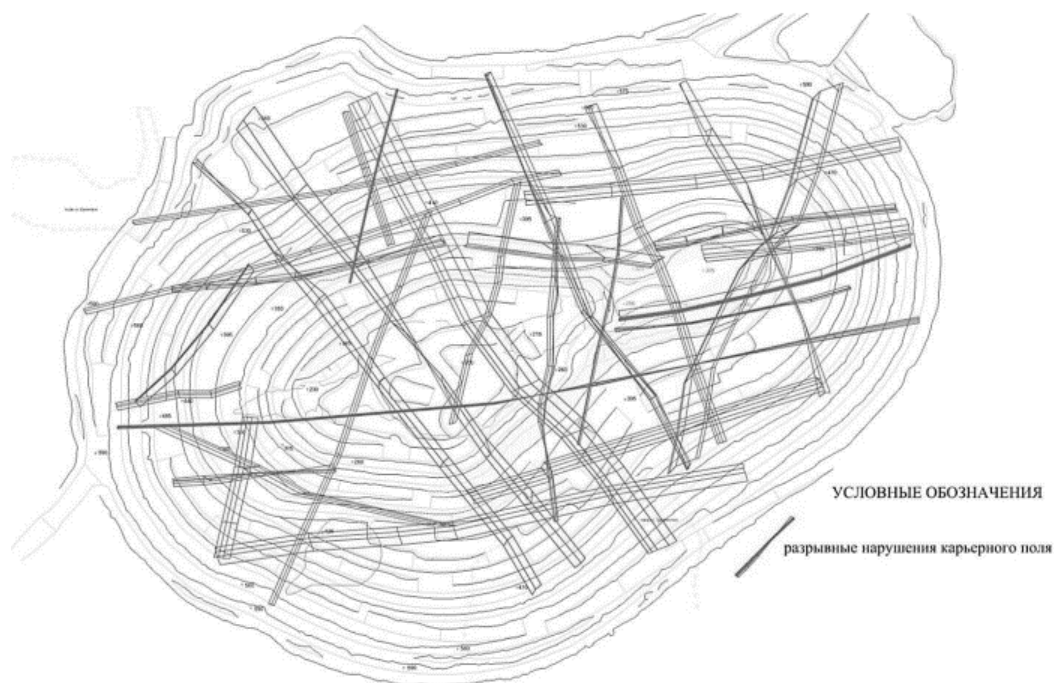


Рисунок 4 - Тектонические нарушения в пределах карьерного поля трубки Юбилейная

В связи с этим, актуальной научно-практической задачей является выбор наиболее эффективного метода защиты северо-восточного сегмента откоса борта карьера, не снижающего производственную мощность предприятия.

Представляет интерес применение полимерных технологий для управлением состоянием массива горных пород используемых, например, на угольных шахтах [3].

Среди существующих технологий поддержания устойчивости бортов карьера [4,5] наиболее рациональными, с точки зрения технико-экономических показателей, является ряд мероприятий.

1) Анкерное крепление с полимеризацией уступов. Анализ показал, что в климатически экстремальных условиях отработки месторождения не менее важным является вопрос морозостойкости в условиях вечной мерзлоты и способности сопротивляться огромному весеннему водопротоку. Полимер способен к упругим деформациям, имеет высокие гидроизоляционные параметры, устойчив к перепадам температур.

2) Система геомеханического мониторинга. Предлагается система геомеханического мониторинга, обеспечивающая прогноз и предупреждение обрушения откосов уступа карьера «Юбилейный». Круглосуточный мониторинг откосов бортов позволит оптимизировать режим ведения буровзрывных

работ, определить зоны их воздействия, автоматизировать большинство рабочих процессов.

Вывод. Внедрение комплекса мероприятий позволит сохранить устойчивость северо-восточного сегмента откоса над транспортным автосъездом, имеющего стратегическое значение для отработки нижних горизонтов.

Реализация предложенного комплекса мероприятий возможна при следующих вложениях:

- затраты на анкерное крепление и полимеризацию уступов 11100 руб/м²;

- затраты на крепление северо-восточного сегмента откоса 105450000 руб;

- внедрение системы геомеханического мониторинга 9080000 руб.

График окупаемости предлагаемого проекта представлен на рисунке 5.

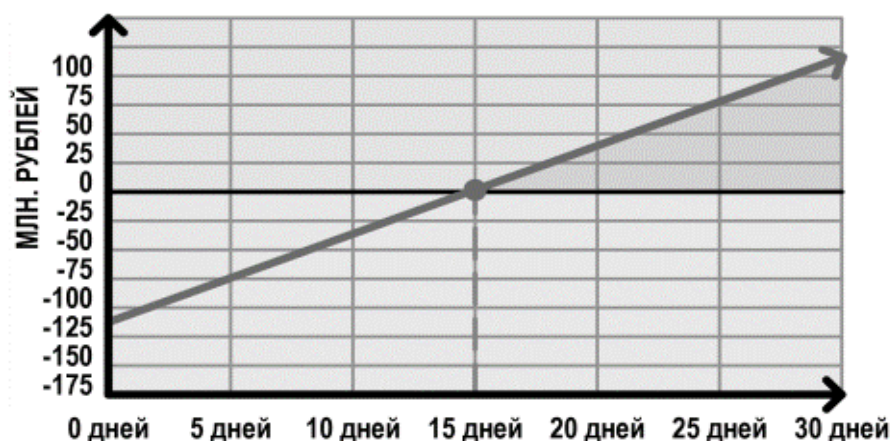


Рисунок 5 – График окупаемости предлагаемого проекта

Данный комплекс мероприятий окупится через месяц, что позитивно скажется на технико-экономических показателях предприятия.

Библиографический список

1. Техническая документация карьера «Юбилейный».
2. Еремин Г.М. Отстройка крутонаклонных и вертикальных откосов и способы их крепления в нарушенных зонах / Г.М. Еремин // 2005. - ГИАБ. - №5. – С.320-325.
3. Чубриков А. В., Риб С. В. Развитие и совершенствование полимерных технологий на угольных шахтах Кузбасса // Вестник СибГИУ. - 2016. - № 2 (16). - С. 3 - 6.
4. Обеспечение устойчивости откосов бортов карьеров с целью предупреждения аварий и чрезвычайных ситуаций / Т. В. Свиридова [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носкова, 2016. – Т. 14.– №4. – С. 5-10.
5. Розанов И. Ю. Применение радара IBIS FM для контроля состояния борта карьера рудника «Железный» (АО «Ковдорский ГОК») / И. Ю. Розанов, А. А. Завьялов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научнотехнический журнал). 2018. - № 7. - С. 40-46.

АНАЛИЗ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА

Тайлаков А.О., Кундро К.А., Риб С.В.

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

Проведен анализ систем разработки мощных угольных пластов: на полную мощность, с делением на слои, с выпуском угля из подкровельной или межслоевой пачки. Предложена система разработки мощного пласта с двойным выпуском угля во втором и третьем слоях с использованием в качестве гибкого перекрытия шахтной сетки, изготовленную из высокопрочных полиэстерных нитей с огнестойким антистатичным покрытием.

Ключевые слова: мощный угольный пласт, система разработки с двойным выпуском угля, деление пласта на слои, гибкое перекрытие.

При отработке мощных пологих пластов угля применяются различные системы разработки. Наибольшее распространение получили системы: на полную мощность, с делением на слои, с выпуском угля из подкровельной или межслоевой пачки [1,2].

Мощные пологие пласты в Кузбассе в основном, сосредоточены на Ольжерасском, Томском, Мрасском и Кондомском месторождениях юга Кузбасса. На Ольжерасском месторождении отрабатываются мощные пласты III, IV-V, VI, на Томском месторождении отрабатываются пласты III, IV-V. С началом работ на шахте «Сибиргинская» (Мрасское месторождение) начата отработка пласта III и подготавливается к отработке весьма мощный пласт IV-V-VI [3].

Отработка угольного пласта на полную мощность производится с помощью столбовых, щитовых, камерных и камерно – столбовых систем разработки. Столбовые системы разработки – это наиболее распространенные способы отработки мощных наклонных и пологих пластов. В настоящее время существуют механизированные комплексы, способные за один проход отрабатывать пласты угля мощностью до 7м.

При отработке мощного угольного пласта с разделением на слои, пласт делится на 2 или 3 слоя, каждый из которых разрабатывается как пласт средней мощности. По порядку отработки различают схемы слой-пласт и с одновременной отработкой слоев.

Технология отработки мощных угольных пластов с выпуском угля из подкровельной пачки ведет свое начало от отработки мощных пластов в Междуреченском районе с использованием комплекса КТУ (крепь Томь-Усинская).

При отработке КТУ (рисунок 1) под кровлей пласта вынимается монтажный слой, где настиляется гибкое перекрытие. Для разрушения межслое-

вой пачки использовали буровзрывные работы.

Данная система разработки длительное время применялась на шахте им. В.И. Ленина в Кузбассе. Мощности подсечного слоя угольной пачки и верхнего надрабатывающего слоя выбираются в зависимости от мощности пласта, физико-механических свойств угля и вмещающих пород.

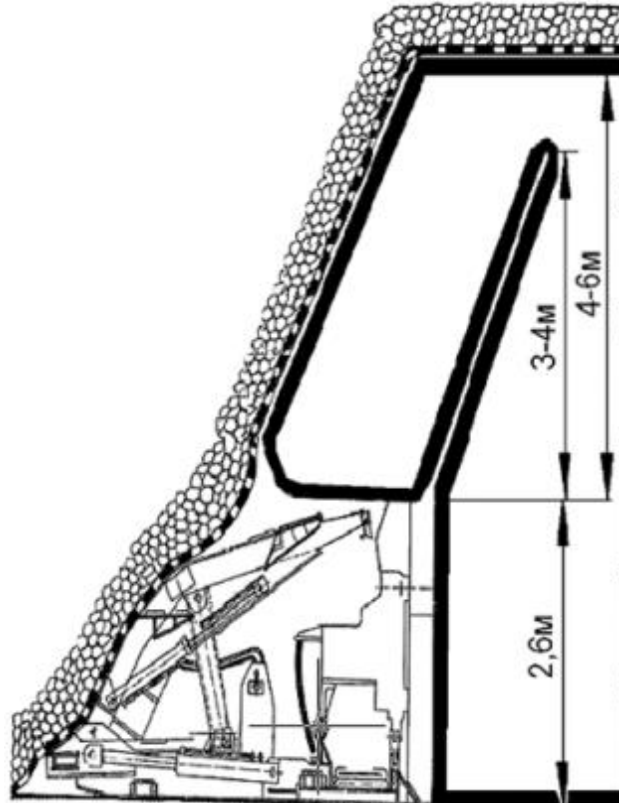


Рисунок 1 – Схема очистного забоя с комплексом КТУ-2МК [4]

В процессе развития технологии произошел отказ от использования гибкого перекрытия и БВР. Разрушение подкровельной пачки после отказа от БВР производилось с использованием сил горного давления.

На данный момент усовершенствованная версия системы (рисунок 2) используется на шахте «Ольжерасская-Новая» ОАО «Южный Кузбасс».

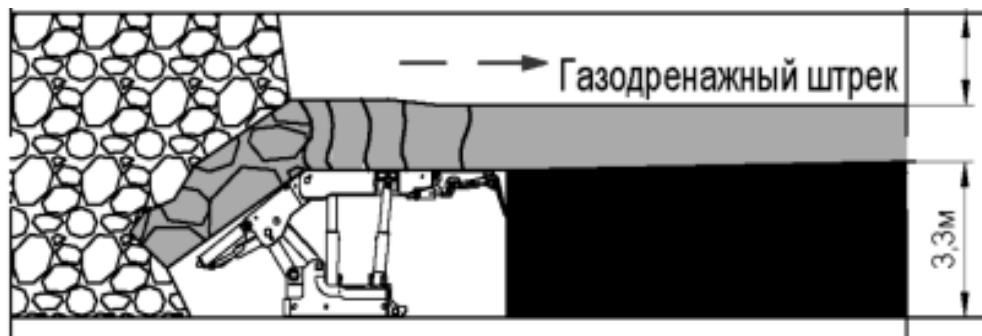


Рисунок 2 – Система разработки мощного пологого пласта с выпуском на завальный конвейер шахты «Ольжерасская-Новая» [5]

Технология работы с выпуском угля из подкровельной пачки производится в следующей последовательности:

- выемка 1-2 полос угля в подсечном слое по односторонней схеме работы комбайна;
- передвижка секций механизированной крепи и подготовка к выпуску;
- выпуск угля в заданном направлении с задействованием 1-2 секций механизированной крепи;
- завершение выпуска и передвижка завального конвейера [6].

Для управления выпуском угля используется ряд приемов: открытие заслонки в нижней части ограждения, изменение положения ограждения, сокращение-распор заднего ряда гидростоек.

Среди достоинств данной системы разработки следует выделить:

- высокую нагрузку на очистной забой;
- малую удельную протяженность подготовительных выработок;
- высокую концентрацию горных работ;
- использование горного давления для разрушения подкровельной пачки.

Среди недостатков системы разработки можно отметить:

- сложность поддержания выработок;
- сложность управления крупностью угля при выпуске;
- высокая опасность образования слоевых скоплений метана;
- повышенное отложение угольной пыли;
- при наличии потерь отбитого угля и больших утечек воздуха существует повышенная опасность самовозгорания [7].

В настоящее время также широко используется система разработки мощных угольных пластов по схеме слой-пласт, в частности, на предприятии ОАО «Южный Кузбасс» шахта «Сибиргинская».

Схема слой-пласт может применяться при хорошей слеживаемости пород кровли, при этом во всем шахтном поле сначала отрабатывается верхний слой, а затем отрабатывается второй слой и так далее.

Учитывая, что угольный пласт III мощностью 8,2 м с углом падения 7° является мощным и пологим, на шахте принята система разработки длинными столбами по простиранию с обрушением кровли наклонными слоями.

Пласт III отрабатывается в два слоя. Изначально отрабатывается верхний слой мощностью 3,3 м в нисходящем порядке, второй слой мощностью до 4,9 м разрабатывается шахтой после отработки верхнего слоя во всех выемочных столбах.

Общий вид системы разработки мощного пологого пласта III наклонными слоями в нисходящем порядке представлен на рисунке 3.

Среди достоинств данной системы можно отметить:

- низкие потери угля;
- использование оборудования и технических решений как на пластах средней мощности.

Среди недостатков можно выделить:

- ограниченность условий применения;
- низкая производственная мощность шахты;
- низкая концентрация горных работ.

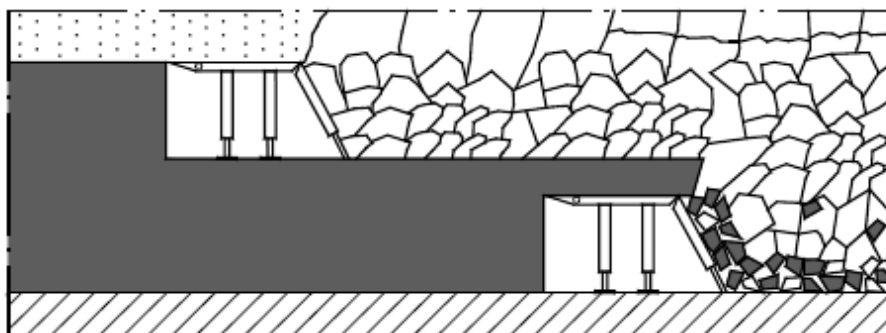


Рисунок 3 – Система разработки мощного угольного пласта наклонными слоями по схеме слой-пласт [3]

Учитывая, что шахта «Сибиргинская» подготавливает к отработке весьма мощный пласт IV-V-VI, мощность которого варьируется в интервале 15,95-25,49 м, рациональным решением является система разработки мощного пологого пласта с двойным выпуском угля во втором и третьем слоях (рисунок 4).

Однако, при данной системе отработки сверхмощного пласта существует большой риск оставления большого количества потерь угля в выработанном пространстве, что в свою очередь ведет к проблемам возникновения эндогенных пожаров.

Предлагаемым решением данной проблемы является применение гибкого перекрытия, отказ от которого в горное практике ранее произошел вследствие большой трудоемкости работ по его настилке в монтажном слое.

Следует отметить, что при выпуске угля из подкровельной пачки без применения гибкого перекрытия, процесс выпуска угля является по большей части неконтролируемым процессом и может завершиться в любой момент с большими потерями угля в завале. Вопрос применения гибкого перекрытия кажется необходимой мерой борьбы с потерями угля в выработанном пространстве.

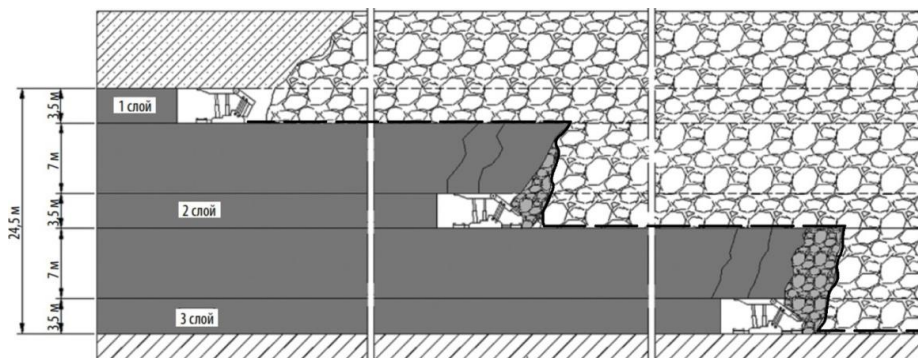


Рисунок 4 – Технология отработки пласта IV-V-VI с применением гибкого перекрытия и выпуском межслоевой пачки угля во втором и третьем слоях

В качестве гибкого перекрытия предлагается использовать шахтную сетку НОСК Mine grid[®], изготовленную из высокопрочных полиэстерных нитей с огнестойким антистатичным покрытием и производимую компанией ООО «СибНьюТек» [8]. Обладая преимуществами высокой прочности и инертных химических характеристик, шахтная сетка широко используется в угольных шахтах в процессе выемки пластов средней мощности и мощных длинными очистными забоями. Обеспечивает безопасность людей и оборудования, предотвращая обрушение угля и породы в призабойное пространство.

Библиографический список

1. Зубов В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса / В.П. Зубов // Записки Горного института, 2017. - Вып. 225. - С. 292-297.

2. Перов А.А. Технология выпуска угля из подкровельной пачки на завальный конвейер / А. А. Перов, А. М. Никитина, С. В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 14–16 мая 2019 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 23. Часть VII. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. – С. 257-262.

3. Опыт механизированной отработки мощных пологих пластов на угольных шахтах Кузбасса и рекомендации по отработке весьма мощных пологих пластов / Е.А. Разумов, В.Г. Венгер, Е.А. Зеляева, Е.Ю. Пудов, С.И. Калинин // Уголь. - 2021. - №6. - С. 4-10.

4. Оработка мощного угольного пласта механизированным комплексом с выпуском подкровельной пачки / С.И. Калинин, С.А. Новосельцев, Р.Х. Галимарданов и др. Кемерово, 2011. – 224 с.

5. Специальные технические условия на комплексно-механизированный забой, оборудованный для добычи угля с выпуском подкровельной пачки угля на завальный конвейер, для отработки запасов угля мощного пологого пласта 21 в условиях шахты «Ольжерасская-Новая» ОАО «Южный Кузбасс». Новосибирск: «Сибингорпроект», ООО «Мечел-Инжиниринг», 2011. – 298 с.

6. Разработка технологических схем отработки запасов мощных пологих пластов с выпуском угля подкровельной толщи / В.В. Сенкус А.Ю. Ермаков; Горный информационно-аналитический бюллетень, 2016.- № 5. - С. 319–327.

7. Выбор параметров технологии отработки мощных пологих пластов с выпуском межслоевых и подкровельных пачек угля / И.А. Шундулиди, А.С. Марков, С.И. Калинин и др. Кемерово: Кемеровское отделение Академии горных наук, 1999. – 258 с.

8. Шахтная сетка высокой прочности НОСК Mine grid / Режим доступа: <https://sibnewtech.ru/produksiya/shahtnaya-setka-vysokoj-prochnosti/>.

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С САМОВОЗГОРАНИЕМ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА

Тайлаков А.О., Кундро К.А., Риб С.В.

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

Применение слоевых систем разработки на угольных шахтах Кузбасса сопровождается опасностью самовозгорания угля из-за утечек воздуха в уже отработанные верхние слои из действующих горных выработок. Подача инертной пыли, омагниченной воды, инертной пены и возведение стен из мешков и вентиляционных сопротивлений за секциями крепи не в полной мере соответствуют безопасным условиям отработки мощных пластов. Снизить опасность очагов самовозгорания позволят своевременное обнаружение процессов самовозгорания и информация о местонахождении и состоянии очага. Использование радоновой съемки поверхности позволит более быстро определять самонагревание угля и его дальнейший переход в эндогенный пожар для принятия своевременных мер.

Ключевые слова: самовозгорание угля, подземная разработка, выработанное пространство, профилактика эндогенных пожаров, инертная пыль, инертная пена, радоновая съемка.

Основной причиной возникновения эндогенных пожаров является несовершенство систем разработки угольных месторождений, при которых часть угля (отбитый от массива, в целиках, в межслоевых или подкровельных пачках) остаётся в выработанном пространстве.

В связи с этим возникает необходимость в выполнении комплекса организационно-технических мероприятий, включающих средства и методы предупреждения и локализации подземных пожаров.

Наиболее остро вопрос мер профилактики эндогенных пожаров стоит перед шахтами, разрабатывающими мощные пласты, так как применяемые на данный момент системы разработки угольных месторождений не позволяют извлекать полезное ископаемое из недр без больших потерь угля, оставляемого в выработанном пространстве [1-5].

Учитывая эти факторы, все можно разделить на 3 этапа: на стадии проектирования, на стадии разработки паспорта выемочного участка и на стадии изоляции выработанного пространства. Классификация мероприятий по борьбе с самовозгораниями представлена в таблице 1.

Также стоит отметить, что из всех систем разработки угольных пластов наибольшая опасность самовозгорания угля возникает при применении слоевых систем разработки.

При применении слоевых систем разработки основная опасность самовозгорания обуславливается утечками воздуха в уже отработанные верх-

ние слои из действующих горных выработок. При этом возвратноточная схема проветривания очистного забоя через передние квершлагги, шурфы и т.п. не дает эффекта. Опасность самовозгорания угля увеличивается при большой длительности отработки выемочного поля.

Таблица 1 – Классификация мероприятий по борьбе с самовозгоранием на разных этапах освоения месторождения

№ п/п	На стадии проектирования	На стадии разработки паспорта выемочного участка	На стадии изоляции выработанного пространства
1	Опережающая отработка верхнего пласта относительно нижнего не менее чем на один выемочный столб	Пропитка выработанного пространства лав аэрозолями антипирогенов	Изоляция выработанного пространства выемочных участков двойными изолирующими перемычками, возводимыми в целиках шириной не менее зоны опорного горного давления
2	Нисходящий порядок отработки пластов на воздухоподающую выработку в условиях бремсберговой схемы проветривания	Пропитка угольных целиков водными растворами антипирогенов	Заполнение пространства между изолирующими перемычками инертными материалами
3	Обеспечение общешахтной депрессии не более 180 мм вод.ст. на пластовых выработках	Обработка скоплений угля в зонах геологических нарушений инертной вспененной глинистой пульпой	Герметизация перемычек со стороны выработок посредством заполнения вяжущими материалами расширенной части вруба
4	Проведение уклонов комбайновым способом без оставления пачки угля в кровле пласта	Обеспечение подвигания очистного забоя не менее 40 м/мес. Обеспечение оптимального режима проветривания выемочного участка, при котором утечки через выработанное пространство сводятся до минимальных значений	Использование инъекционных составов (глинистая паста, глинистая пульпа, суспензия с коагулятором, гипсовые, песчано-цементные растворы и др.) для создания изолирующих поясов и барьеров в выработанном пространстве

Очаги самовозгорания угля образуются главным образом в целиках, которые оставляют при ведении горных работ, а также в зонах тектонических нарушений. Опасность целиков обусловлена не только образованием из них сосредоточенных скоплений угля, но и тем, что около них не происхо-

дит уплотнения обрушенной кровли и создаются каналы для движения воздуха.

В частности на предприятии ОАО «Южный Кузбасс» шахта «Сибиргинская» по слоевой системе разрабатывается пласт III, полная мощность которого достигает 8,2 м, а также ведется подготовка весьма мощного пласта IV-V-VI, мощность которого варьируется в интервале 15,95-25,49 м.

Весь комплекс мероприятий шахты «Сибиргинская», по эндогенной пожароопасности делится на:

- проводимый из подземных горных выработок (подача инертной пыли, подача омагниченной воды, подача инертной пены, возведение стен из мешков и вентиляционных сопротивлений за секциями крепи);
- через скважины пробуренные с поверхности (подача инертной пены, подача газообразного азота).

Инертная пыль – минеральная тонкоизмельченная пыль негорючих материалов (обычно глинистых сланцев), понижающая температуру среды при горении и взрыве угольной пыли и метана вплоть до пределов распространения пламени и взрыва и ниже (рисунок 1).

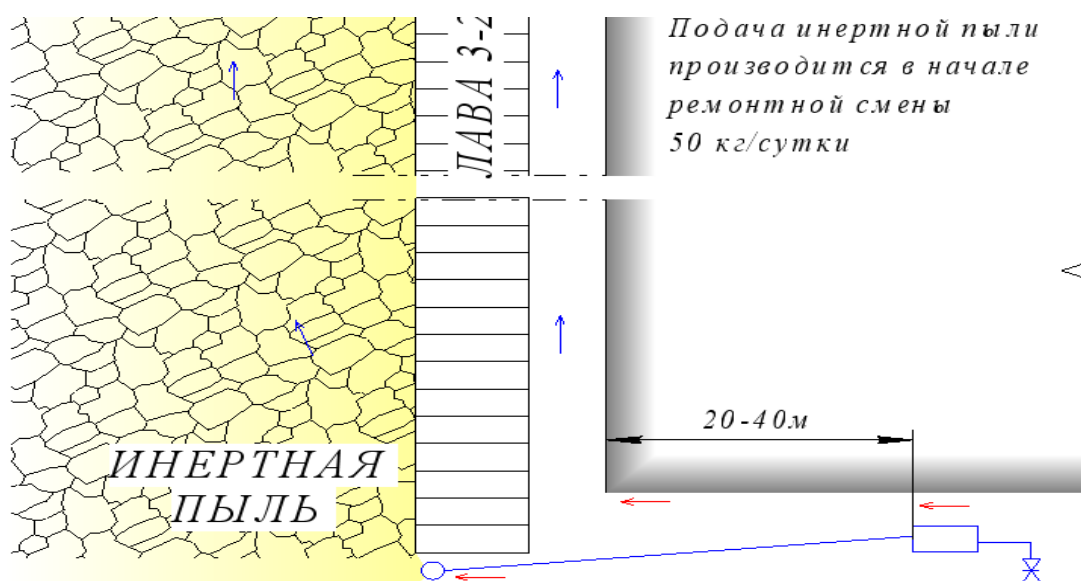


Рисунок 1 – Схема подачи инертной пыли в выработанное пространство ОАО «Южный Кузбасс», шахта «Сибиргинская»

Подача инертной пыли производится с помощью трубопровода сжатого воздуха.

Инертная пена представляет собой дисперстную систему, состоящую из пузырьков газа, разделенных тонкими пленками жидкости (рисунок 2). Для образования устойчивых пен в жидкость вводят в небольших количествах (1...5 %) пенообразователи, в состав которых входят поверхностно-активные вещества [6]. В качестве пузырьков газа в данном продукте и используется газообразный азот.

Пенная завеса, создаваемая между выработанным пространством и очистным забоем, позволяет снизить концентрацию горючих газов, в том числе метана, до взрыво- и пожаробезопасных концентраций, предотвращает вынос горючих и пожарных газов в действующие выработки. При нагнетании пены в выработанное пространство происходит его объемная обработка. Из-за малой плотности и большой вязкости пена, в отличие от воды и глинистой пульпы, не стекает по почве пласта, а накапливается в пустотах обрушенных пород и угля.

Подача инертной пены производится с помощью перфорированного трубопровода.

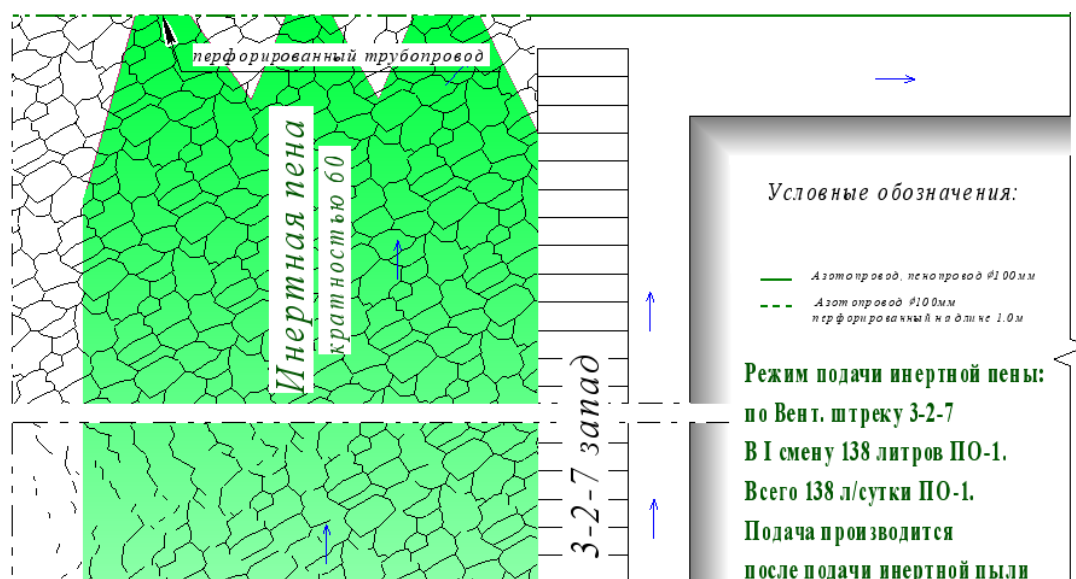


Рисунок 2 – Схема подачи инертной пены в выработанное пространство ОАО «Южный Кузбасс» шахта «Сибиргинская»

Применяемые меры не в полной мере соответствуют безопасным условиям отработки мощных пластов.

Предлагаемым направлением развития мероприятий по борьбе с самовозгораниями на угольных месторождениях является радоновая съемка на поверхности [7]. По информативности при использовании радона в качестве индикаторного газа он занимает третье место после оксидов углерода и водорода.

Резкий всплеск концентрации радона через разогретый уголь и породы воздуха происходит в интервале температур 50–100С°, что позволяет использовать радон в качестве индикатора начальной стадии процесса самонагрева угля. Плотность потока радона (ППР) определяется путем экспонирования его с поверхности грунта в накопительные камеры, заполненные активированным углем. Искомая величина ППР определяется как функция активности сорбированного углем радона.

Таким образом, использование радоновой съемки поверхности позволит более быстро определять самонагревание угля и его дальнейший переход

в эндогенный пожар на более ранней стадии, что создаст условия оперативного применения уже имеющихся на предприятии комплекса мероприятий по борьбе с самовозгоранием, сокращая потенциальный ущерб предприятия от эндогенного пожара.

Библиографический список

1. Приказ Ростехнадзора № Пр-469, Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности», М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2020. – 48 с.

2. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» [Текст] / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией. М.В. Темлянцева. СибГИУ - 2015. С. 26-28.

3. Моисеев А.А. Анализ причин возникновения и разработка рекомендаций по профилактике и тушению эндогенных пожаров на шахтах Юга Кузбасса / А.А. Моисеев, А. М. Никитина, С. В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 19-21 мая 2020 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. - Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2020. - С. 133-138.

4. Оценка риска возникновения эндогенных пожаров в угольных шахтах / С.В. Новоселов, В.Б. Попов, А.С. Голик // Уголь. 2020. №5 (1130). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-vozniknoveniya-endogennyh-rozharov-v-ugolnyh-shahtah> (дата обращения: 21.04.2023).

5. Актуализация исследований в аспекте локализации и ликвидации аварий на угольных шахтах России, связанных с эндогенными пожарами / А.С. Ярош, А.С. Голик // Научно-технические проблемы разработки и использования минеральных ресурсов. 2019. - № 5. - С. 387-392.

6. Руководство по применению инертных газов при ликвидации пожаров в шахтах / М-во угольной пром-сти СССР, Центр. штаб военизир. горноспасат. частей, ВНИИ горноспасат. дела. - Донецк : Б. и., 1989. - 190 с.

7. Обнаружение, локация и оценка состояния очагов подземных пожаров по аномалиям радона на земной поверхности / В.А. Портола, О.В. Тайлаков, Ли Хи Ун, В.В. Соболев, А.А. Бобровникова // Уголь. - 2021. - № 5 (1142). - С. 47-52.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ И СПОСОБА ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА

Шинтев И.С., Николаев А.В., Фрянов В.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: shintev1206@mail.ru*

В статье проведен анализ способов и схем проветривания выемочных участков и выявлены «узкие» места в очистных и подготовительных забоях. Разработаны рекомендации по повышению эффективности схем проветривания на примере шахты «Есаульская». Установлено, что нарушение режима проветривания при отработке высокогазоносных угольных пластов приводят к авариям и инцидентам.

Ключевые слова: способ и схема проветривания, «узкие» места, выемочный участок, угольный пласт, горные выработки

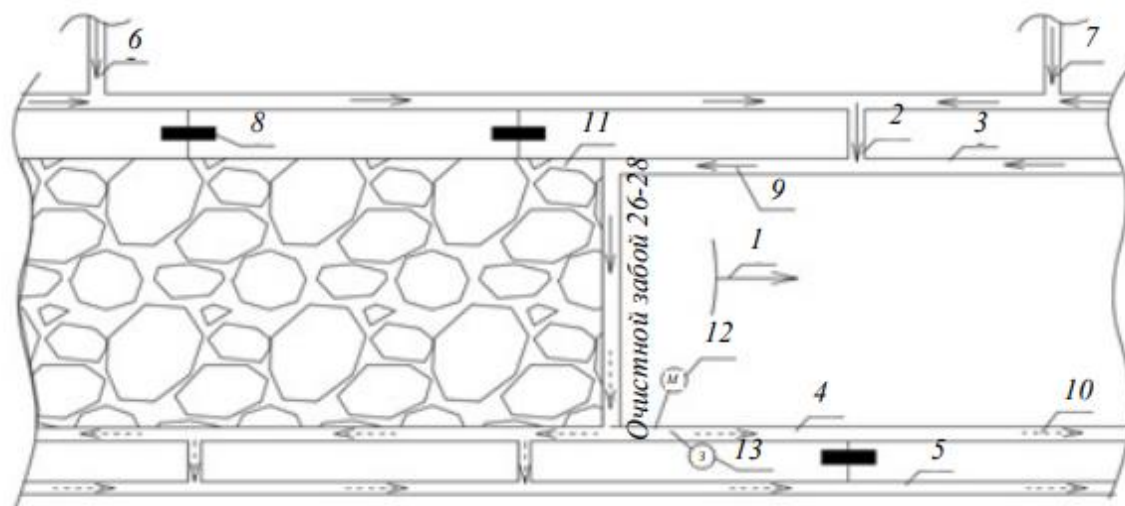
Газообильность очистных забоев зависит от большого числа разнородных факторов, которые часто взаимозависимы. Для каждой схемы проветривания вентиляционные параметры должны соответствовать оптимальной эффективности использования воздуха для управления опасными местными скоплениями газов и устойчивостью проветривания. Обобщающим критерием выбора схемы проветривания очистного забоя является величина допустимой по метану нагрузки на лаву [1-3].

На угольных шахтах Кузбасса применяются следующие схемы проветривания выемочных участков: прямоточные, возвраточные, комбинированные. Для условий выемочного участка с отводом метановоздушной смеси по выработанному пространству, примыкающему к очистному забою, возможны следующие схемы проветривания выемочных участков с отводом метановоздушной смеси: по ограниченной между очистным забоем и задней сбойкой зоне выработанного пространства; по неограниченной зоне выработанных пространств действующего и ранее отработанного выемочных участков [4, 5].

Согласно программе исследований в работе выявлены основные факторы, влияющие на эффективность схем проветривания.

Объектом исследования приняты схемы и способы проветривания выемочных участков: комбинированный способ и схема проветривания на шахте «Есаульская» (рисунок 1).

Согласно схеме выемочного участка 29-39, изолированный отвод метановоздушной смеси из выработанного пространства предусматривается по газоотсасывающему трубопроводу диаметром 1,2 м, проложенному в вентиляционном штреке 29-39, конвейерном штреке 29-39, сбойке, конвейерном



- 1 – направление движения очистного забоя; 2 – опережающая сбойка;
 3 – ходок 26-53; 4 – вентиляционный штрек 26-28; 5 – газодренажный ходок 26-53;
 6 – вентиляционный штрек 26-31; 7 – магистральный путевой штрек 26-5;
 8 – изолирующая перемычка; 9 – свежая струя воздуха; 10 – исходящая струя воздуха;
 11 – выработанное пространство; 12 – датчик метана системы АГК, с которого считывались показания газа метана при проведении эксперимента;
 13 – место замера скорости воздуха

Рисунок 2 - Схема вентиляции выемочного участка 26-28 шахты Есаульская [7]

Достоинствами схемы вентиляции выемочного участка 26-28 являются: надежность проветривания в связи с отсутствием вентиляционного оборудования; наличие непрерывного контроля концентрации метана в забое.

Недостатками схемы вентиляции выемочного участка 26-28 является: большое количество метана в горных выработках, что приводит к загазированию забоя и к неэффективной работе комплексно-механизированного забоя; значительные утечки воздуха; снижение скорости проходки вследствие затрат времени на возведение перегородки.

Для того, чтобы сократить количество метана и обеспечить эффективную работу забоя, предлагается использовать комбинированный способ и возвратноточную схему проветривания выемочного участка 29-39.

Вывод. Предложенный способ и схема проветривания позволит сократить утечки воздуха, не загромождать выработки, повысить скорость проходки и снизить затраты на оборудование, сократить количество метановыделения, аварий, инцидентов, несчастных случаев.

Библиографический список

1. Эффективные способы проветривания шахт и выемочных участков / А.В. Лебедев, В.И. Клишин, В.И. Мурашев, Д.В. Ботвенко // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, 2012. - № 1. - С. 104-111.

2. Говорухин Ю.М., Криволапов В.Г., Домрачев А.Н., Лукашов О.Ю. Программа расчёта вентиляции выемочных участков // Научноёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. - 2016. - № 3. - С.445-448.

3. Киселев Д.А., Елхимов Д.Е., Риб С.В., Никитина А. М. Обоснование аэрогазодинамических параметров угольной шахты в условиях возникновения экзогенного пожара с использованием программного комплекса "вентиляция 2.0" // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых-Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2018. - Вып. 22. - Ч. 2: Естественные и технические науки.- С. 66-70.

4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / Кол. авторов. – Макеевка-Донбасс: МакНИИ, 1989. – 319 с.

5. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок. // Приказ Ростехнадзора от 01.12.2011 № 680 (ред. от 08.08.2017).

6. Техническое перевооружение опасного производственного объекта «Шахта угольная» ООО «Шахта «Есаульская» в части проветривания выемочного участка 29-39, рег. №121. – Новокузнецк, 2022.

7. Поздеев И.А. Разработка алгоритма расчета метанообильности очистного забоя с учетом геомеханических процессов в углепородном массиве / И.А. Поздеев // Вестник Сибирского государственного университета, 2017. - №1. - С.33-40.

УДК 622.333.031

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТРАБОТКИ СВИТ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА

Шинтев И.С., Риб С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г.Новокузнецк, e-mail: shintev1206@mail.ru*

Представлены особенности отработки свиты угольных пластов на шахтах Кузбасса. Установлено, что наиболее опасными зонами являются участки массива горных пород, где происходит наложение зон повышенного горного давления (ПГД) двух соседних пластов и возможны динамические явления в виде горных ударов.

Ключевые слова: свита пластов, прогноз, динамические явления, опасные зоны, зона повышенного горного давления, программа расчета.

В настоящее время широкое распределение, как в России, так и за рубежом получила технология подземной отработки пологих угольных пластов высокопроизводительными комплексно-механизированными длинными

очистными забоями с оставлением между выемочными участками неизвлекаемых межштрековых целиков.

Одной из важнейших проблем подземной разработки угольных месторождений являются опасные зоны при отработке свит пластов, обрушения кровли, почвы и боков выработки. Следует отметить, что ряд шахт Кузбасса ведет отработку свит пластов в условиях их взаимного влияния [1,2], а сама подготовка таких пластов к выемке характеризуется разнообразием применяемых вариантов взаимного расположения выработок по пластам.

Отработка запасов выемочных участков с обрушением пород кровли (без закладки выработанных пространств) предопределяет невозможность полного исключения влияния подработки, однако в качестве меры, снижающей последствия многократной подработки (при отработке свит угольных пластов), может быть рекомендовано расположение целиков по сближенным пластам со смещением под выработанное пространство ранее отработанных пластов [3].

Таким образом, задача выбора и обоснования технологии отработки свит угольных пластов, обеспечивающих наибольшую эффективность работы длинных очистных забоев, на сегодняшний день является актуальной.

В качестве объекта исследования рассмотрим шахту им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» при отработке свиты угольных пластов с изображением зон ПГД. На рисунке 1 приведен план горных работ по пласту «Поленовский» шахты им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс» с изображением зоны ПГД от отработанного ранее вышележащего пласта Болдыревский.

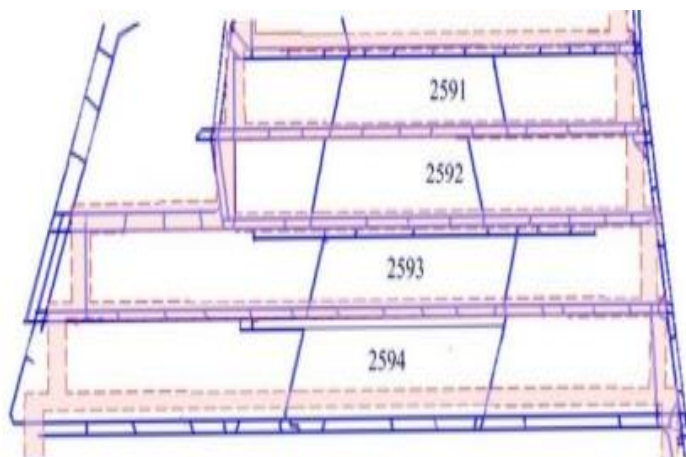
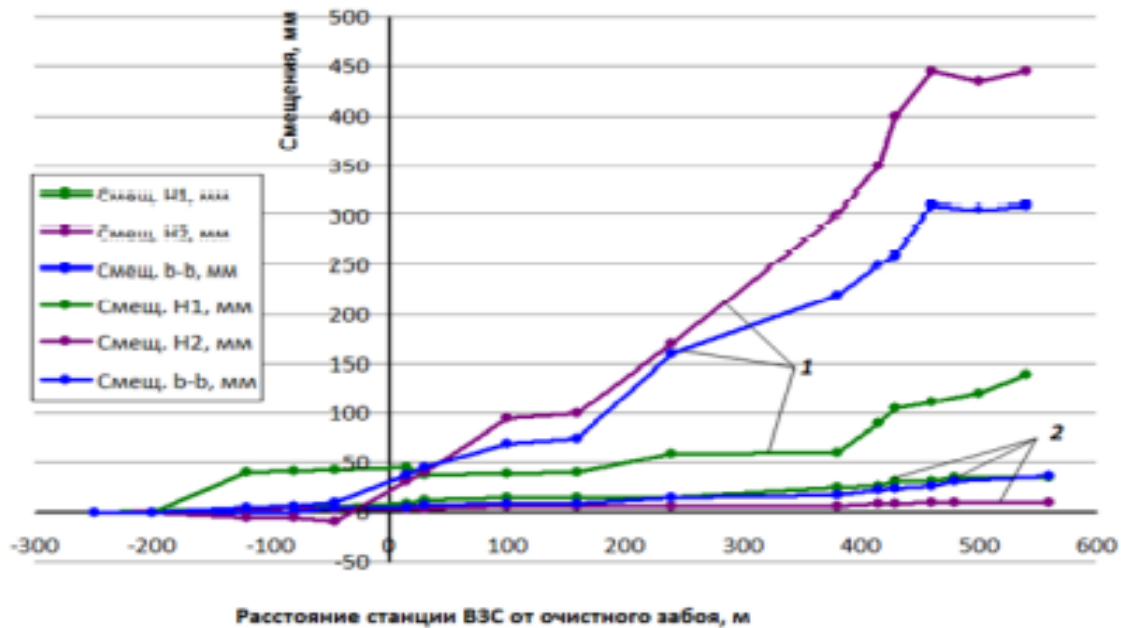


Рисунок 1 – План горных работ по пласту «Поленовский» с изображением зоны ПГД [4]

На рисунке 2 представлены результаты наблюдений на замерной станции шахты им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс», расположенной на расстоянии 742 м от монтажной камеры. Смещения в выработках вне зоны влияния ПГД приведены на графике 1, в зоне влияния - на графике 2.



H_2 – пучение почвы выработки; b-b – конвергенция боков выработки;
1 – в зоне ПГД; 2 – вне зоны ПГД

Рисунок 2 – Результаты наблюдений на замерной станции [4]

В результате шахтных инструментальных наблюдений выявлено:

- при отработке выемочного столба 2593 наблюдались процессы пучения почвы, а также повышенное горное давление на расстоянии 50-100 м от сопряжений очистного забоя с выемочными выработками - конвейерной печью 2593 и вентиляционной печью 2593;

- деформация анкерной крепи, разрушение кровли и боков вентиляционной печи 2593 бис на значительных участках выработки;

- разрушение боков на отдельных участках в вентиляционной печи 2594 на глубину до 1,5-2,0 м;

- зоны повышенных расслоений пород кровли и угля характеризуются снижением прочностных свойств угля и вмещающих пород в процессе эксплуатации выработок;

- образование и реализация свода естественного обрушения в этих зонах превышает глубину анкерования и достигает 3,5-4,0 м.

- затраты на проведение дополнительной выработки в условиях шахты «им. С.М.Кирова» превышают 30 млн руб, а потери запасов в целике у дополнительной выработки составляют при ширине целика 20-25 м порядка 100 тыс. тонн.

В качестве второго объекта исследования рассмотрена шахта «Комсомолец» АО «СУЭК-Кузбасс» с изображением зоны ПГД.

При проведении выемочных выработок в условиях пласта «Бреевский» шахты «Комсомолец» наблюдались незначительные вывалообразования кровли, что затрудняло процесс установки анкерной крепи в кровлю и являлось причиной явной неровности кровли выработок (наличие бугров).

С учетом проведенного анализа предлагается комплекс программ геодинамического зондирования при отработке свит пластов, который позволит дистанционно снизить риск опасных зон, внезапных выбросов и горных ударов, пучения почвы и кровли на безопасной глубине горных работ.

Для выполнения регионального прогноза динамических явлений на угольных шахтах на основе оценки геомеханического состояния анизотропного по прочности массива горных пород, вмещающего горные выработки, с учетом пригрузки в зонах повышенного горного давления, разгрузки в надработанных и подработанных зонах и влияния тектонических нарушений разработана «Программа геодинамического зондирования участков угольных пластов с применением нерегулярных триангуляционных сетей» [5]. Программа позволит выполнить геодинамическое зондирование шахтного поля с выделением, опасных по внезапным выбросам зон на плане горных работ, что является основой регионального прогноза выбросоопасности при отработке шахтного поля. В алгоритме программы реализован метод геодинамического зондирования участков угольных пластов (ГЗУП) для прогноза динамических явлений при ведении очистных работ.

Для предотвращения внезапных выбросов угля и газа и горных ударов при применении опережающей отработки защитных пластов разработана «Программа расчета и построения защищенных зон при отработке свит угольных пластов в шахтах» [6]. Программа предназначена для выполнения расчета и графического представления схем к построению защищенных зон при отработке защитных пластов столбами по падению и простиранию с управлением кровлей полным обрушением или закладкой выработанного пространства по всей площади. Программа позволяет вводить данные и вычислять результаты размеров защищаемых зон в кровлю и почву пласта S1, S2, значений углов защиты $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$, значений углов восстановления опасных нагрузок ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 , значений подвигания забоя b_1, b_2, b''_1, b''_2 , значений параметров для восстановления опасных нагрузок L1, L2, L3.

На рисунке 3 представлена программа расчета и построения защищенных зон при отработке свит угольных пластов в шахтах.

Выводы.

В результате анализа работы шахт юга Кузбасса в условиях отработки свит угольных пластов сформированы следующие выводы:

- расположение выемочных выработок в зоне ПГД приводит к существенному осложнению их поддержания, а в ряде случаев, несмотря на возводимую крепь усиления, необходимости проведения дополнительной параллельной выработки (бис) из-за невозможности сохранения эксплуатационного состояния выработки;

- расположение одновременно отрабатываемых друг под другом выемочных столбов в зоне ПГД нежелателен, так как приводит к внезапному динамическому разрушению угольных пластов в целиках и краевых участках в форме горного удара, прорыва газа или воды;

- необходимо исключить влияние ранее отработанных сближенных пластов за счет взаимоувязки горных работ по пластам свиты с целью минимизации негативного влияния подработки (надработки) и максимального использования эффекта разгрузки массива горных пород для повышения эффективности дегазации сближенных угольных пластов;

- для безопасной работы шахт необходима оптимизация параметров выемочных столбов и межстолбовых целиков.

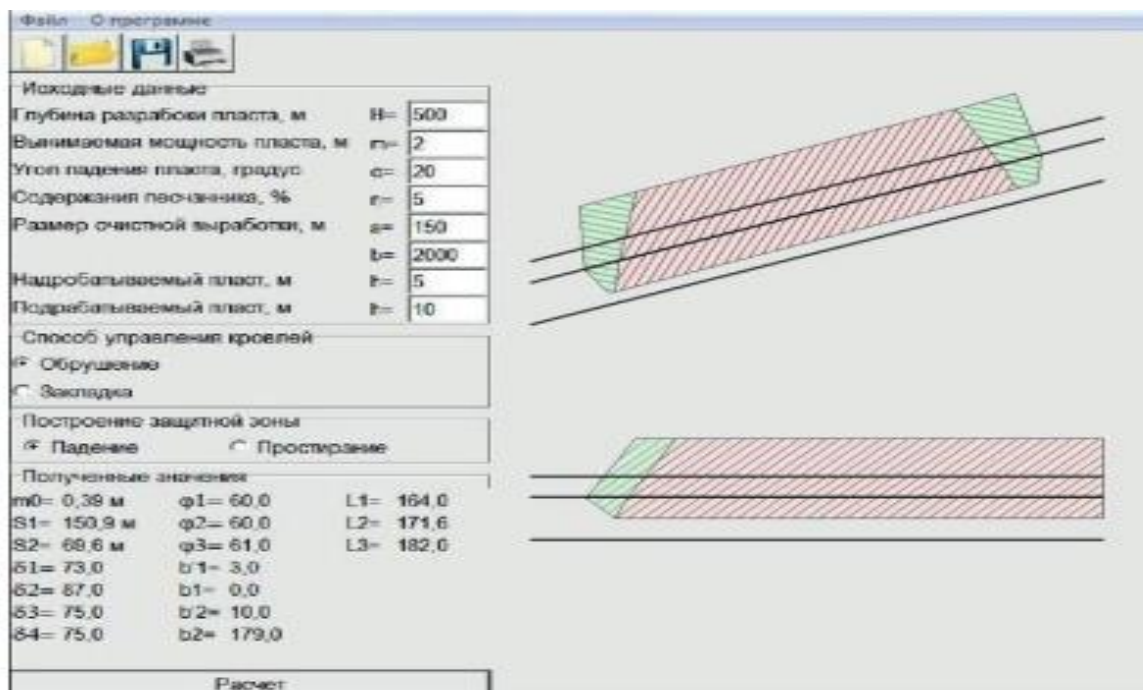


Рисунок 3 – Программа расчета и построения защищенных зон при отработке свит угольных пластов [5]

Предлагаемый комплекс программ геодинамического зондирования для шахт Кузбасса позволит предотвращать разрушение анкерной крепи, повысить темпы подвигания очистного забоя, снизить влияние опасных зон ПГД и контролировать состояние целиков.

Библиографический список

1. Риб С.В., Фрянов В.Н., Волошин В.А., Черепов А.А. Закономерности формирования зон повышенного горного давления под влиянием угольного целика-штампа при отработке свиты пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 7. С. 23 -29.
2. Домрачев А.Н. Адаптация методов оценки риска обрушения подземных горных выработок к условиям шахт юга Кузбасса / А.Н. Домрачев, С.В. Риб, А.М. Никитина // Известия ТулГУ. Науки о Земле. - № 4. - 2016 г. - 9 с.
3. Казанин О.И. Перспективные направления развития технологической структуры угольных шахт / О. И. Казанин, А. А. Мешков, А. А. Сидоренко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 6-1. – С. 35-53.

4. Ванякин О.В. Обоснование параметров технологии отработки запасов сближенных угольных пластов / О.В. Ванякин // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов – 2022. - №8. – С.85-89.

5. Абрамов И.Л. Расчет показателей прогноза и предотвращения динамических явлений при ведении очистных работ [Текст] / И.Л. Абрамов // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов – 2019. - №5. – С.320-323.

6. Свидетельство № 2013619870 Российская Федерация. Программа расчета и построения защищенных зон при отработке свит угольных пластов в шахтах: свидетельство об официальной для ЭВМ / В.С. Зыков, И.Л. Непомнищев, И.Л. Абрамов, заявитель и правообладатель ФГБУН ИУ СО РАН. -№ 2013617616; заявл. 23.08.13; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 17.10.13. - 1 с.

II ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 656.11

СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ С ТРАМВАЙНЫМИ ЛИНИЯМИ

Курмаз Д.А., Киселева Т.В.

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

В статье описана организация регулирования дорожного движения на перекрёстках с трамвайными путями в условиях наличия остановки трамваев в непосредственной близости с перекрестком, которая должна снизить риск возникновения ДТП с участием пассажиров. Представлено несколько методов регулирования, которые способствуют снижению дорожно-транспортных происшествий.

Ключевые слова: трамвай, алгоритм регулирования дорожного движения, ДТП, светофоры, методы для регулирования.

В настоящее время трамвайных транспорт является одним из наиболее приоритетных и развивающихся направлений муниципального транспорта в городах. Постоянно происходит обновление трамвайных путей, подвижного состава, строительство новых маршрутов. Трамвай – один из самых экологических видов транспорта, что в современном мире является несомненно положительным фактором. Также получает распространение практика приоритизации трамвайного движения на перекрёстках с пересечением трамвайных путей, особенно в местах, где после или перед перекрёстком расположены остановочные платформы с непосредственной посадкой/высадкой пассажиров на проезжую часть. Такие ситуации регулируются правилами дорожного движения, а именно пунктом 14.6, где прописано, что «Водитель должен уступить дорогу пешеходам, идущим к стоящему в месте остановки маршрутному транспортному средству или от него (со стороны дверей), если посадка и высадка производятся с проезжей части или с посадочной площадки, расположенной на ней. В случае если на таком стоящем маршрутном транспортном средстве включено световое табло "Внимание, пассажир!", водитель, приближающийся сзади, должен остановиться перед разметкой, а при ее отсутствии - перед маршрутным транспортным средством, не создавая помех пешеходам, осуществляющим посадку и высадку с проезжей части или с посадочной площадки, расположенной на ней. Начинать движение разрешается только при отсутствии пешеходов на проезжей части и после выключения светового табло "Внимание, пассажир!"» [1].

Исследования и статистика города Новокузнецка показывают, что большинство водителей пренебрегают данным правилом, создавая множество аварийных ситуаций, часто с травмами для пассажиров. Поэтому необходимо принимать меры по регулированию движения на перекрёстках, где остановочные платформы расположены в непосредственной близости с пересечениями дорог.

В целом, основой такого регулирования должна быть система, которая автоматически переключает режимы работы светофоров таким образом, чтобы в момент посадки/высадки пассажиров не происходило движения на перекрёстке. То есть должен запускаться цикл движения пешеходов, так как практически на всех перекрёстках данный цикл означает отсутствие движения транспортных средств. Изменение в режимах работы светофоров не должно негативно сказываться на регулировании движения транспортных потоков в целом, так как необходимо, чтобы система учитывала разницу между стандартным временем работы цикла регулирования транспортного потока и изменённым, по причине остановки трамвая, временем работы светофора. Такой метод будет учитывать, как стандартное отклонение, равное времени работы цикла, когда перекрёсток пересекают пешеходы, так и исключения, когда этого времени недостаточно для проведения посадки/высадки пассажиров трамваями.

Для осуществления цели можно применять различные решения при управлении дорожным движением:

1. Использование расписания движения трамваев на каждом проблемном участке.

Данный метод возможно реализовать только в идеальных условиях, при которых расписание движения всегда будет соблюдаться и системы регулирования дорожного движения смогут динамически настраивать время своей работы. Но такое решение не учитывает какие-либо аварийные ситуации (ДТП, обрыв ЛЭП и т.д.), пробки, среднюю скорость движения и динамику изменения расписания трамваев. Поэтому данный метод малоэффективен в реальных условиях дорожного движения.

2. Отслеживание транспорта с использованием систем ГЛОНАСС.

Использование отслеживания транспорта является более эффективным решением, так как весь маршрутный транспорт обязательно должен быть оборудован работоспособным датчиком GPS, который в режиме онлайн передаёт координаты транспорта. Но данные в систему поступают с задержкой, что можно увидеть, используя какую-либо систему визуализации этих данных (2гис, Яндекс. Карты). Исходя из этого, при вводе в эксплуатацию такого решения по регулированию дорожного движения, необходимо учитывать среднее время запаздывания появления данных в системе и динамически вычислять требуемое время для посадки и высадки пассажиров.

3. Отслеживание транспорта по видеокамерам, установленным на перекрёстках.

На многих перекрёстках города Новокузнецк установлены камеры го-

родского наблюдения, также, в рамках усовершенствования алгоритмов регулирования дорожного движения, на некоторых перекрёстках (например, на проспекте Курако) расположены камеры для анализа потока транспортных средств, которые передают данные на сервер единой диспетчерской, откуда, с помощью алгоритмов, происходит регулирование работы систем в режиме онлайн. Использование камер городского наблюдения неприемлемо, так как передача данных происходит с большой задержкой (около 10-15 секунд). Применение новых камер с компьютерным зрением наиболее эффективно, но необходимо учитывать задержку между передачей данных в диспетчерскую и принятием решения о регулировании дорожного движения. Также необходимо принимать во внимание, что остановочные платформы для трамваев расположены как перед перекрёстком, так и после него, что также затрудняет анализ для диспетчерской.

4. Использование специальных датчиков для передачи сигнала на контроллер, установленный на перекрёстке.

Использование датчиков, расположенных в непосредственном месте регулирования дорожного движения – самый эффективный метод среди рассматриваемых. Рассмотрим несколько вариантов датчиков:

1. Датчики, использующие RFID - метки. RFID (RadioFrequency Identification) или радиочастотная идентификация - технология, использующая бесконтактную резонансную электромагнитную передачу энергии и информации между меткой и считывателем.

Состав RFID системы:

- считыватель информации;
- радиочастотная метка;
- управляющий компьютер.

Основной принцип работы такой системы показан на рисунке 1.

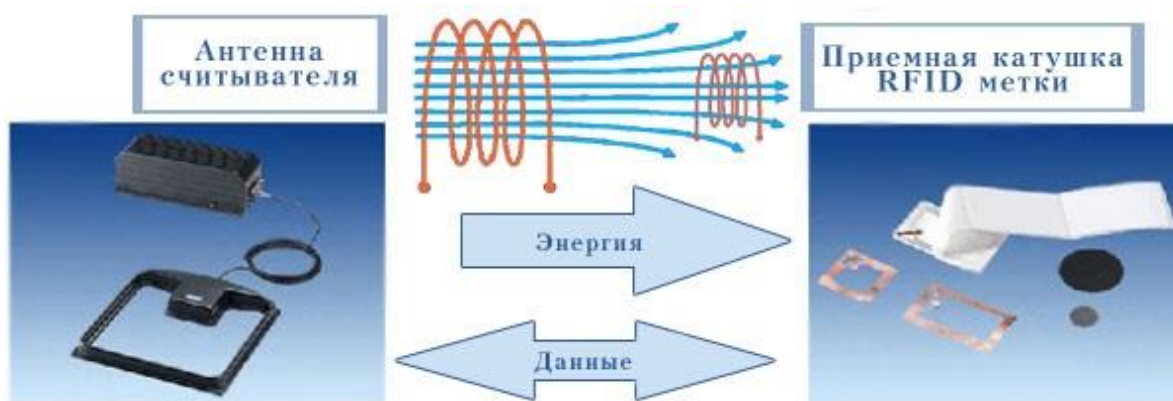


Рисунок 1 – Схема работы RFID-системы

При попадании катушки (антенны) метки в поле антенны считывателя в нее передается энергия, достаточная для питания электронной схемы метки. После этого при помощи той же антенны производится непосредственный обмен данными между меткой и считывателем. Для большинства систем RFID в поле антенны считывателя может находиться одновременно не-

сколько меток. При этом начинает работать механизм антиколлизии, способный определять их количество и работать только с одним, выбранным в данный момент времени. Работу считывателя не нарушает внесение или удаление из поля антенны других меток. После выбора считывателем метки происходит взаимная идентификация устройств и начинается непосредственная передача данных [2].

Расположение RFID-метки возможно сбоку или на дне трамвая, а считывателя непосредственно на остановочной платформе. Пример представлен на рисунке 2.

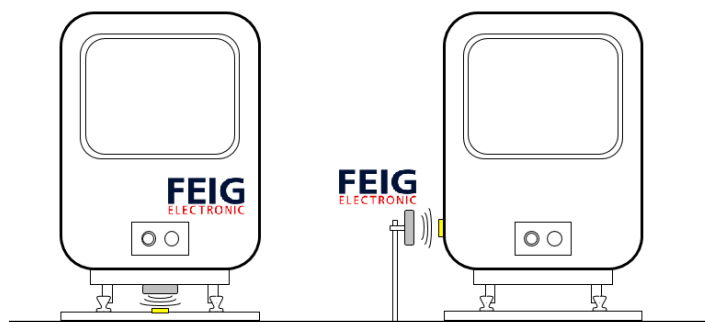


Рисунок 2 – Пример расположения RFID-меток

Расположив метку в передней и задней частях трамвая, возможно передавать считывателю информацию о том, что трамвай начал посадку/высадку пассажиров, и о том, что трамвай покинул остановочную платформу. Каждый полученный RFID-считывателем сигнал обрабатывается контроллером регулирования дорожного движения, расположенным на перекрёстке, и, в зависимости от получаемой информации, принимается решение об изменении текущей фазы работы светофоров.

2. Установка лазерного датчика на остановке трамвая. Принцип работы метода схож с RFID-метками, но в данном случае установка передающего устройства происходит на остановочном павильоне на определённой высоте, на которой установлен принимающий датчик на трамвае. Данный метод менее эффективен по сравнению с предыдущим, так как из-за большего расстояния между датчиком и считывателем на систему оказывают влияние помехи, погодные условия, проезжающие мимо транспортные средства.

Описанные методы могут быть использованы комплексно, дополняя друг друга, в таком случае работа алгоритмов, регулирующих дорожное движение, будет более точной.

Библиографический список

1. ПДД 14.6 - Пешеходы и маршрутное транспортное средство [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ruspdd.com/pedestrian-crossings-and-stops-in-route-vehicles/14.6/> (дата обращения: 03.04.2023).

2. Описание технологии RFID [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://xn8sb2aejdcbcqes8b9ei.xn--plai/blog/technology/22-opisanie-tekhnologii-rfid> (дата обращения: 03.04.2023).

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ КАФЕДРЫ

Четвертков Е.В., Кораблина Т.В.

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

Рассматриваются подходы к решению задачи о рюкзаке, которая представляет собой NP-полная задачу комбинаторной оптимизации, в контексте распределения нагрузки преподавателей кафедры.

Ключевые слова: расчет нагрузки преподавателей кафедры, математические модели, задача о рюкзаке, алгоритмы, NP-полные задачи.

Расчет нагрузки преподавателей кафедры на учебный год и формирование карт поручений преподавателей представляет собой достаточно трудоёмкую задачу, решение которой сопряжено с большим количеством ошибок. При этом баланс распределенной и номинальной нагрузки не гарантирует правильность сделанных расчетов и исключение всех ошибок, таких как несоблюдение нормы нагрузки преподавателей в зависимости от занимаемой должности, наличия ученого звания и ученой степени, является ли преподаватель штатным сотрудником, внутренним или внешним совместителем и т.д.

Для облегчения процесса распределения нагрузки преподавателей кафедры, в литературе предложены математические модели, основанные на различных подходах [1-4].

При построении модели важно учитывать следующие факторы:

- преподаватель может работать на нескольких кафедрах и на каждой иметь карту поручений;
- преподаватель может иметь несколько карт поручений, работая на одной кафедре;
- нагрузка предельная преподавателя ежегодно определяется приказом ректора и зависит от должности, наличия ученой степени, ученого звания преподавателя и др.;
- объем контактной работы определяется учебным планом, а также зависит от количества обучающихся в конкретной группе, таким образом один и тот же объем контактной работы для разных групп может иметь различное значение;
- несколько преподавателей может делить нагрузку по одной дисциплине.

Следовательно, чтобы учесть все ограничения и выбрать оптимальное распределение нагрузки необходимо разработать цифровой сервис.

Положим:

- распределяются виды нагрузки (лекционные, практические, лабораторные занятия и т.д.), а не дисциплины, при этом, некоторые виды нагрузки

должны идти совместно, например, лекционные занятия и формы контроля;

– вид нагрузки рассчитывается для каждой группы, подгруппы или потока, таким образом, что для одной дисциплины в распределении будут присутствовать практические занятия для группы А, практические занятия для группы Б, лекционные занятия для групп А и Б, форма контроля для группы А, форма контроля для группы Б.

– виды нагрузки распределяются не между преподавателями, а между картами поручений. Каждая карта поручений имеет максимальную нагрузку, а также связана с одним и только одним преподавателем, что позволяет определить «ценность» вида нагрузки для данной карты поручений.

Решение задачи распределения нагрузки, закрепленной за кафедрой, на учебный год между преподавателями можно отнести к решению задачи о рюкзаке. При этом, так как нагрузку можно делить между несколькими преподавателями, данная задача относится к задаче о непрерывном рюкзаке.

Рассмотрим решение задачи распределения нагрузки преподавателей как решение трех последовательных задач:

– расчет коэффициента «ценности» каждой дисциплины для каждого преподавателя;

– применение данного коэффициента дисциплины для расчета «ценности» каждого вида нагрузки;

– на основании коэффициентов виды нагрузки делятся между картами поручений преподавателей.

Для этого последовательно берется каждая карта поручений каждого преподавателя, представляется в виде непрерывного рюкзака, в случае очередного подбора нагрузок для каждого преподавателя, или множественного рюкзака, при выборе оптимального распределения для всех преподавателей кафедры за одну итерацию. Кроме того, следует учитывать, что суммарный объем нагрузки кафедры должен соответствовать штатному расписанию.

Для расчета коэффициента «ценности» дисциплины для каждого преподавателя будем использовать формулу:

$$C_{\pi_i D_j} = \frac{\frac{e_{\pi_i D_j} + \frac{m^{\tau}_{\pi_i D_j}}{m^{\tau}_{\pi_i}} + w_{\pi_i D_j} + \frac{d_{\pi_i} + t_{\pi_i} + p_{\pi_i}}{6}}{e_{\pi_i}}}{4}, \quad (1)$$

где C_{π} – коэффициент i -ого преподавателя для j -ой дисциплины;

$e_{\pi_i D_j}$ – стаж работы i -ого преподавателя по j -ой дисциплине;

e_{π_i} – общий стаж работы i -ого преподавателя;

$m^{\tau}_{\pi_i D_j}$ – количество методических указаний, разработанных i -ым преподавателем для j -ой дисциплины, за последние τ лет;

$m^{\tau}_{\pi_i}$ – общее число методических указаний, разработанных i -ым преподавателем, за последние τ лет;

- $w_{\Pi_i D_j}$ – коэффициент «желания» i -ого преподавателя вести j -ую дисциплину;
- d_{Π_i} – параметр, дающий «бонус» за ученую степень (доктор наук – 2, кандидат наук – 1, без степени – 0);
- t_{Π_i} – параметр, дающий «бонус» за ученое звание (профессор – 2, доцент – 1, остальные – 0);
- p_{Π_i} – параметр, дающий «бонус» за должность (заведующий кафедрой и директор института – 2, ученый секретарь – 1, остальные – 0).

При расчете коэффициентов «ценности» для видов нагрузки введем ранг вида нагрузки, который определяет сам преподаватель. Таким образом «ценность» вида нагрузки для преподавателя будет определяться по формуле:

$$C_{\Pi_i V_k D_j} = v_{\Pi_i V_k} \cdot C_{\Pi_i D_j} \quad (2)$$

где $C_{\Pi_i V_k D_j}$ – коэффициент i -ого преподавателя для k -ой нагрузки j -ой дисциплины;

$v_{\Pi_i V_k}$ – коэффициент «желания» i -ого преподавателя вести k -ую нагрузку.

Задача о рюкзаке относится к NP-полным задачам, т.е. к таким, которые не могут быть решены за полиномиальное время [5]. Наиболее простым методом решения таких задач является полный перебор. Этот алгоритм всегда дает оптимальный результат, но требует сравнения всех возможных комбинаций, что не представляется возможным для задачи о непрерывном рюкзаке и тем более множественного рюкзака.

Ограничить множество возможных вариантов, можно используя метод ветвей и границ. Его суть заключается в том, что при полном переборе, отбрасываются заведомо неоптимальные ветви, т.е. те, которые на промежуточном этапе уже не удовлетворяют хотя бы одному ограничению.

В задачах о рюкзаке также можно использовать приемы мемоизации и методы динамического программирования. Но при решении задачи о непрерывном рюкзаке такие методы практически неприменимы, так как придется свести задачу к целым числам, что в нашем случае предполагает возможность передачи преподавателю каждого вида нагрузки целиком.

Для решения NP-полных задач используются жадные алгоритмы. При их использовании следует помнить, что такие методы не всегда дают оптимальное решение. В случае же непрерывного рюкзака и многомерного непрерывного рюкзака жадный алгоритм не всегда будет давать оптимальное решение, так как рюкзак не является матроидом. Докажем это, проверив условия матроида [6]:

– Множество I непустое, даже если исходное множество X было пусто – $X = \emptyset$, то I будет состоять из одного элемента – множества, содержащего пустое множество – $I = \{\{\emptyset\}\}$, в рамках решаемой задачи может существовать карта поручений, не заполненная ни одним видом нагрузки, например, карта с почасовой оплатой труда, которая «мнимо» существует

для каждого преподавателя;

– Любое подмножество любого элемента множества I также будет элементом этого множества. При удалении из карты поручений нагрузки или ее части, данная карта поручений остается валидной, даже если становится пустой;

– Если множества A и B принадлежат множеству I , а также известно, что размер A меньше B , то существует какой-нибудь элемент x из B , не принадлежащий A , такое что объединение x и A будет принадлежать множеству I . Пусть существует карта поручений A и B , в случае, если карта поручений A заполнена полностью, то не существует такой нагрузки в карте поручений B , которую можно передать в карту поручений A .

В соответствии с [7] для непрерывной задачи о рюкзаке жадный алгоритм дает оптимальное решение, поэтому при решении задачи расчета нагрузки преподавателей кафедры на учебный год и формирования карт поручений преподавателей будет использован именно данный подход.

Также можно использовать методы оптимизации, поставив задачу по-другому, например, максимизировать «удовлетворенность» преподавателей распределением или минимизировать дисперсию нагрузки преподавателей кафедры (соблюсти равномерное распределение нагрузки), но при наложении всех ограничений, не все методы оптимизации смогут найти оптимальное решение поставленной задачи. Одним из распространенных методов оптимизации является однокритериальный генетический алгоритм. Он дает минимальную погрешность при нелинейных ограничениях, но трудоемкость вычисления функции зависит от размерности и сложности поставленной задачи [8] и, при оптимизации кафедр с большим штатом сотрудников, данный алгоритм может быть невыгодным по быстродействию.

Таким образом, для нахождения оптимального распределения нагрузки преподавателей выбран жадный алгоритм и вариант постановки задачи о непрерывном множественном рюкзаке.

Библиографический список

1. Султанова С. Н., Тархов С. В. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при распределении учебной нагрузки преподавателей // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. - 2006. - №7.3. - С. 107-114.

2. Шиккульский М.И., Евсина Е.М., Кравченкова Е.П. Математическая модель и алгоритм распределения и контроля учебной нагрузки между профессорско-преподавательским составом // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. - 2022. - №1 (39). - С. 151-157.

3. Тархов С.В., Султанова С.Н. Построена математическая модель для наиболее качественного и рационального распределения учебной нагрузки между преподавателями // Информационные технологии моделирования и управления. - 2005. - №5 (23). - С. 676-681.

4. Касаткина Т.И., Болгова Е.В., Россихина Л.В., Кузьменко Р.В.

Подход к математическому моделированию распределения учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава кафедры на основе теории множеств // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2020. - №8(1).

5. Кузюрин, Н.Н Сложность комбинаторных алгоритмов. Курс лекций [Текст] / Н.Н. Кузюрин, С.А.Фомин. – 2005. – 79 с.

6. Новиков Ф.А., Поздняков С.Н. "Жадные алгоритмы" // Компьютерные инструменты в образовании - 2005. - №2. - С. 49-58.

7. Царев. В.А. Проектирование, анализ и программная реализация структур данных и алгоритмов: Учебное пособие [Текст] / В.А. Царев, А.Ф. Дробанов. – Череповец., 2007. – 32 с.

8. В.М. Курейчик Генетические алгоритмы: Монография. Т: Изд. ТРТУ, 1998 г. 242с.

УДК 004.6

ОБЛАЧНЫЕ ХРАНИЛИЩА

Котлов А.В., Буинцев В.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kotlov.2001@list.ru*

Что из себя представляет облачное хранилище. Ценность облачного хранилища. Вопросы безопасности, доступности и надежности облачных хранилищ. Типы облачных хранилищ и их различия. Принцип работы облачного хранилища. Области применения облачных хранилищ в примерах использования.

Ключевые слова: облачное хранилище, файл, данные, информация, блочное, объектное

Облачное хранилище – это модель виртуальных данных, которая способна предоставить вам содержать различные данные и документы в сети Интернет, пользуясь услугами облачных провайдеров, к которым вы подключаетесь либо через общедоступный Интернет, либо через частное сетевое соединение [1]. Провайдер обеспечивает безопасное хранение, обслуживание и управление серверами хранения, инфраструктурой и сетью. Это дает вам доступ к данным, когда они вам нужны, в удобном для вас масштабе. Когда требуется облачное хранилище, нет необходимости покупать и управлять инфраструктурой хранения, которая требует гибкости, масштабируемости и надежности доступа к данным в любое время и в любом месте.

Облачное хранилище – это экономичное и масштабируемое хранилище. Вам больше не нужно учитывать доступность сети хранения данных (SAN), замену устройства в случае сбоя, добавленную статистику для масштабирования при увеличении потребления или сбор недостаточного оборудования при снижении потребления. Облачное хранилище является эластич-

ным, что позволяет масштабировать его в зависимости от спроса и потреблять только те ресурсы, которые используются. С его помощью организация надежно хранит данные в Интернете. Пользовательские данные сопоставимы с реальными разрешениями в любое время и в любом месте.

Как малые фирмы, так и крупные предприятия могут извлечь выгоду из гибкости, экономии средств, безопасности и простоты облачного хранилища, что позволит им сосредоточиться на развитии своего бизнеса. Малым предприятиям больше не нужно думать о выделении ценных ресурсов для хранения данных самообслуживания. Кроме того, облачное хранилище обеспечивает возможность масштабирования по мере роста вашего бизнеса.

Вы можете решать задачи управления жизненным циклом в облачном хранилище. Вы также можете использовать облачное хранилище для создания межрегионального или глобального хранилища для распределенных, используя такие инструменты, как репликация. Вы можете организовывать эти настройки и управлять ими для конкретных целей, снижения затрат, обеспечения безопасности и соответствия требованиям.

Облачное хранилище почти полностью использует пространство, используемое для вертикального масштабирования с использованием скорости и размера. Это жесткие ограничения, характерные для условного хранения. Вы можете выделить избыточность облачного хранилища в соответствии с требованиями обнаружения приложений, обнаружения данных, резервного предложения или оптимизации облака. Пользователи могут получить доступ к хранилищу из любого места и в любое время, не тратя время на сложные процессы распределения и ожидание нового оборудования.

Услуги облачного хранилища предоставляют следующие преимущества:

- Защиту данных в облаке с минимальными затратами и без ущерба для производительности;
- Масштабирование ресурсов резервного копирования за считанные минуты по мере изменения требований к данным;
- Защиту резервных копий с помощью сетевой архитектуры и центров обработки данных, разработанных с нуля для организаций, заботящихся о безопасности.

Облачное хранилище предоставляется поставщиком облачных услуг, который владеет оборудованием для хранения данных и управляет им через крупные центры обработки данных, расположенные по всему миру. Поставщики облачных хранилищ несут ответственность за работоспособность, безопасность и надежность ресурсов, позволяя приложениям получать доступ к данным через Интернет по модели оплаты по мере использования. Как правило, вы подключаетесь к облачному хранилищу либо через Интернет, либо через выделенное частное соединение с помощью интернет-портала, веб-сайта или мобильного приложения. Когда клиенты приобретают облачное хранилище у поставщика услуг, они делегируют им большинство аспектов

хранения данных, включая пространство, безопасность, доступность данных, серверы хранения, вычислительные ресурсы и доставку данных по сети. Ваши приложения получают доступ к облачному хранилищу через традиционные протоколы хранения или напрямую через интерфейс прикладного программирования (API) [2]. Поставщики облачных хранилищ предлагают дополнительные услуги, предназначенные для защиты, сбора, анализа и управления данными в любом масштабе.

Существует три типа облачных хранилищ, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Давайте рассмотрим каждый из них:

Хранение объектов. Организациям необходимо хранить большие и растущие объемы неструктурированных данных, таких как фотографии, видео, данные машинного обучения (ML), показания датчиков, аудиофайлы и другие типы интернет-контента. Поиск масштабируемого, эффективного и недорогого хранилища для них может оказаться непростой задачей. Объектное хранилище — это архитектура хранения данных для больших неструктурированных хранилищ данных. Объекты хранят данные по мере их поступления и позволяют настраивать метаданные, чтобы упростить доступ к данным и их анализ. Объекты не располагаются в иерархии файлов и папок. Они хранятся в безопасных хранилищах, обеспечивающих практически неограниченную масштабируемость. Они также дешевле при хранении больших объемов данных.

Хранилище файлов — файловое хранилище или файловое хранилище широко используется различными приложениями и хранит данные в виде иерархии папок и файлов. Этот тип хранилища часто называют сетевым сервером хранения (NAS) с широко используемыми протоколами файлового уровня Server Message Block (SMB), используемыми в экземплярах Windows, и сетевой файловой системой (NFS), используемой в Linux.

Блочное хранение. Корпоративные приложения, такие как базы данных или системы планирования ресурсов предприятия (ERP), часто требуют выделенного хранилища с малой задержкой для каждого узла. Такое хранилище работает аналогично хранилищу с прямым подключением (DAS) или сети хранения данных (SAN). В этом случае можно использовать облачное хранилище, в котором данные хранятся блоками. Каждый блок имеет свой идентификатор для быстрого сохранения и извлечения данных.

Чтобы выбрать облачное хранилище, нужно определиться с его надежностью, доступностью и безопасностью. Вопросы надежного хранения, безопасности и доступности критически важных корпоративных данных имеют первостепенное значение. При рассмотрении варианта хранения данных в облаке существует несколько принципиальных требований.

Облачное хранилище упрощает и совершенствует традиционные процессы центра обработки данных, обеспечивая надежность и доступность данных. В облачном хранилище данные избыточно хранятся на нескольких устройствах в одном или нескольких центрах обработки данных.

Облачное хранилище позволяет вам контролировать, где хранятся ва-

ши данные, кто может получить к ним доступ и какие ресурсы использует ваша организация в любой момент времени. В идеале все данные должны быть зашифрованы как при хранении, так и при передаче. Разрешения и контроль доступа должны работать в облаке так же, как и в локальных хранилищах данных.

Облачное хранилище имеет несколько вариантов использования в управлении приложениями, управлении данными и обеспечении непрерывности бизнеса. Давайте рассмотрим несколько примеров ниже.

Традиционные локальные решения для хранения данных могут быть непредсказуемыми с точки зрения стоимости, производительности и масштабируемости, особенно с течением времени. Аналитические проекты требуют крупномасштабных, доступных и надежных пулов хранения с высокой доступностью. Эти пулы часто называют «озёрами данных».

Озера данных, созданные поверх репозитория объектов, хранят информацию в ее исходной форме и содержат обширные метаданные, которые позволяют выборочно извлекать данные и использовать их для целей анализа. Облачные хранилища данных могут быть расположены в центре многих систем хранения больших данных и аналитических механизмов, что позволяет вам быстрее завершить свой следующий проект и сделать его более актуальным.

Резервное копирование и аварийное восстановление имеют решающее значение для защиты и доступности данных, но растущие требования к хранилищу могут стать постоянной проблемой. Облачное хранилище обеспечивает низкую стоимость, высокую надежность и практически неограниченную масштабируемость для решений резервного копирования и восстановления. Встроенные политики управления данными позволяют автоматически переносить данные в более экономичное хранилище в зависимости от настроек частоты или времени, создавая архивное хранилище, которое упрощает соблюдение законодательных или нормативных требований. Эти преимущества дают большие возможности для масштабирования в сфере финансовых услуг, здравоохранения, медико-биологических наук, медиа и индустрии развлечений, где постоянно создаются большие объемы неструктурированных данных, требующих длительного хранения [3].

Среды тестирования и разработки программного обеспечения часто требуют создания, использования, а затем удаления отдельных, независимых и перекрывающихся сред хранения. Помимо временных затрат, эти процессы могут быть связаны со значительными первоначальными инвестициями.

Многие крупнейшие и самые прибыльные компании мира создают приложения в рекордно короткие сроки благодаря гибкости, производительности и низкой стоимости облачных хранилищ. Даже самые простые статические сайты можно улучшить с минимальными затратами. ИТ-специалисты и разработчики обращаются к платным решениям для хранения данных, которые упрощают управление и масштабирование.

Доступность, устойчивость и низкая стоимость облачного хранилища

могут быть очень весомыми аргументами. С другой стороны, ИТ-персонал, который работает с администраторами над хранением данных, резервным копированием, сетью, безопасностью и соответствием требованиям, может иметь опасения по поводу фактической передачи больших объемов данных в облако. Для некоторых людей перенос данных в облако может быть проблемой. Гибридные, граничные службы и службы данных помогают вам в физическом мире и упрощают передачу данных в облако.

Хранение конфиденциальных данных в облаке может вызвать проблемы с соблюдением требований, особенно если данные находятся в системах хранения, которые ограничены определенными требованиями. Cloud Compliance Controls разработан, чтобы помочь вам развертывать данные и применять комплексные инструменты соответствия, чтобы помочь вам соответствовать требованиям практически всех регулирующих органов в мире. Часто используя модель общей ответственности, поставщики облачных услуг позволяют клиентам эффективно и экономично управлять рисками в своей ИТ-среде и обеспечивать эффективное управление рисками с помощью проверенных, широко признанных платформ и программ.

Библиографический список

1. Интернет ресурс AWS - <https://aws.amazon.com/ru/what-is/cloud-storage/> (дата обращения 07.04.2023)
2. Онлайн-хранилища данных // ComputerBild : журнал. — 2010. - № 4. - С. 62-67.
3. Масштабные утечки данных: конец «облачным» сервисам? // Chip : журнал. - 2011. - № 8 (149). - С. 20-21.

УДК 004.93

ОСОБЕННОСТИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Бычков А.Г., Киселева Т.В., Маслова Е.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: aleksds1@yandex.ru*

В докладе рассматриваются способы повышения точности работы алгоритмов машинного обучения на уровне выбора архитектуры и подготовки данных. Приведён пример подготовки данных через нулевую точку и нормализацию. Рассмотрены аналоги активационной функции ReLU. Показаны способы подбора гиперпараметров.

Ключевые слова: машинное обучение, выбор гиперпараметров, подготовка данных, активационная функция, точность обучения.

В настоящее время особое внимание уделяется задачам, связанным с искусственным интеллектом, основанном на машинном обучении.

Машинное обучение (англ. machine learning, ML) – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач. Для построения таких методов используются средства математической статистики, численных методов, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов, различные техники работы с данными в цифровой форме.

Модели, использующие эти методы, определяются не только внутренними параметрами вроде весов или количеством слоёв нейронов, но и внешними параметрам – гиперпараметрами, которые определяют поведение системы в целом. К таким можно отнести, например, скорость обучения [1, 2].

Для корректной работы модели необходимо правильно задавать параметры системы во время обучения.

Для начала всем данным на входе нужно сделать подготовку (data preprocessing). На рисунке 1 приведена схема подготовки данных.

Для подготовки данных необходимо прежде всего посмотреть на исходный набор данных (original data на рисунке 1) и сделать такое смещение, чтобы их «центр» был в нулевой точке (zero-centered data на рисунке 1), то есть, вычесть из их координат их среднее значение (или медиану, если это даст лучшие результаты). Это один из самых простых способов подготовки данных.

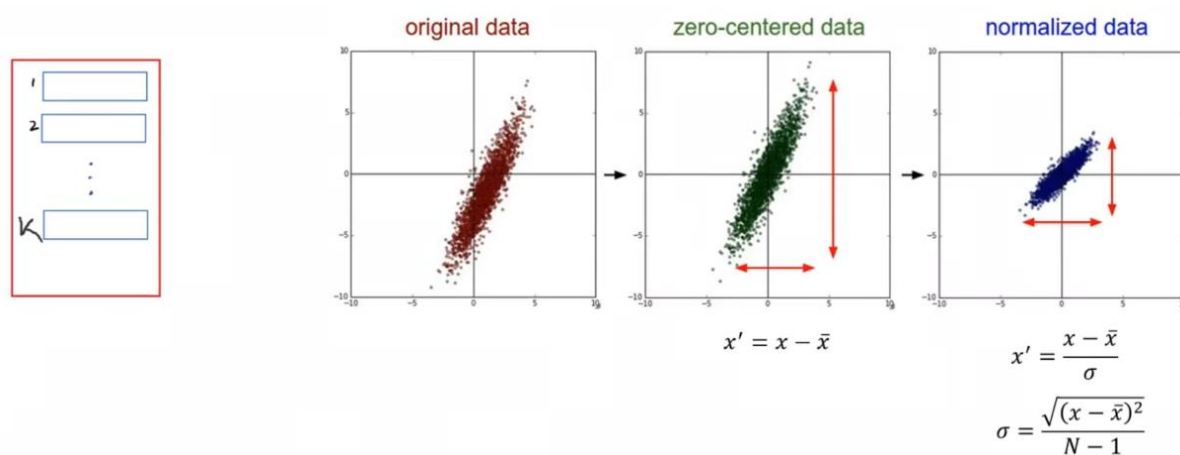


Рисунок 1 – Подготовка данных

Но иногда по разным осям получаются очень разные масштабы. Тогда имеет смысл нормализовать (normalized data на рисунке 1) исходные данные для ускорения работы алгоритма. Для этого находится среднеквадратичное отклонение (standard deviation), после чего среднее делится на него. Для задач распознавания образов такую операцию обычно не делают, так как цветовые каналы уже примерно одинаково разбросаны [3].

Подготовка данных выполняется для упрощения работы модели. Если данные далеко лежат от нулевой точки, то модели сначала нужно будет «нащупать», а где вообще эти данные лежат (пример на рисунке 1 original data), что может часто занимать много времени. Централизация и нормали-

зация данных позволяет стабилизировать модель на самых ранних этапах обучения, что значительно повышает качество ее работы.

Далее необходимо сделать выбор активационной функции. В данный момент стандартом считается активационная функция ReLU. Раньше использовался гиперболический тангенс, но из-за проблемы «исчезающих градиентов» он перестал пользоваться такой популярностью. Если на вход подать слишком большое число (близкое к точке насыщения), то прямой проход вернёт значение 1 или близкое к тому. А вот обратный проход вернёт не исходное значение, а 0, потому что в исходной точке функция уже нечувствительна к смещению. В итоге происходит потеря значений.

У базовой версии ReLU тоже есть проблемы: если все точки лежат с левой стороны графика, когда функция равна нулю, то сдвигения весов не будет, так как в левой части ReLU градиент полностью исчезает. Практическим путём выяснено, что если общий процент нейронов, при которых возникает такая ситуация, не является слишком большим (не более 10%), то данной проблемой можно пренебречь [4]. Однако если обязательно нужно уйти от этой проблемы, то можно использовать разновидности функции ReLU (рисунок 2).

Следующим важным моментом является подбор гиперпараметров, таких как начальный learning rate, коэффициент annealing, коэффициент L2-регуляризации, размер batch и другие.

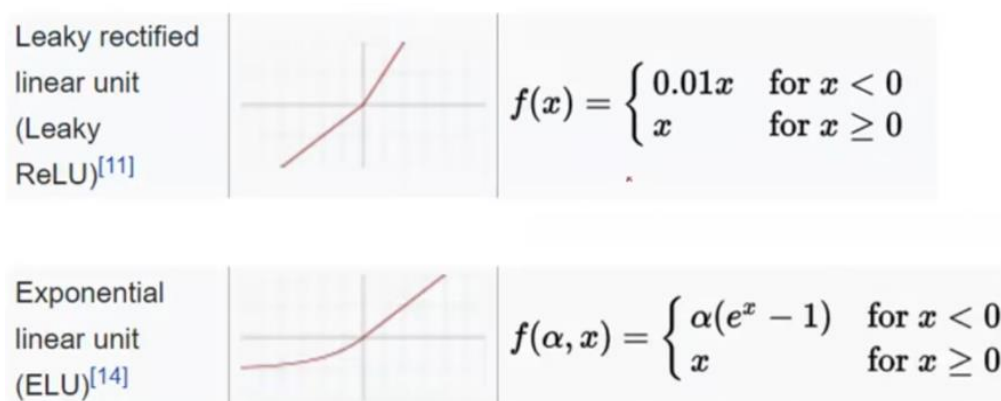


Рисунок 2 – Вариации ReLU

На практике оказывается, что не всегда последовательный перебор параметров (на рисунке 3 слева) эффективен. Иногда стоит использовать случайный выбор. Это связано с тем, что некоторые параметры очень чувствительны, а остальные не представляют слишком большую важность для модели. Причём, в начале обучения неизвестно, какой параметр надо взять. Перебор строго по шагам (grid layout) может пропустить важные параметры, тогда как со случайным перебором будут попробованы случайные значения как важного, так и неважного из параметров. Хотя на практике (на производстве) часто не используют ни один из этих методов, а выбирают наугад, ориентируясь на собственное чутьё, так как выполнение такого количества экспериментов очень времязатратно [5].

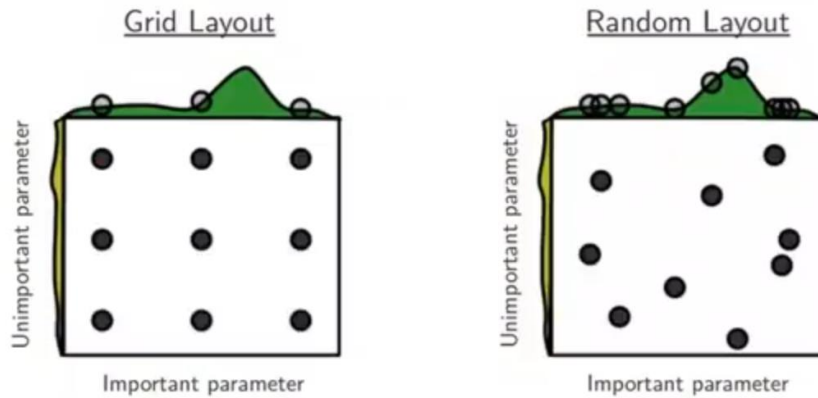


Рисунок 3 – Схема переборов гиперпараметров

В любом случае почти всегда работает стратегия «Coarse to Fine»: сначала диапазоны параметров подбираются грубо, а потом уже они уточняются по мере обучения. Ещё в начале обучения стоит использовать логарифмические диапазоны. К примеру, если мы хотим посмотреть некий параметр на промежутке от 10, до 10000 и используем команду `random(10, 10000)` в Python, то почти наверняка число будет за 1000, так что стоит использовать `10**random`. В таком случае будут испробованы и маленькие значения, и большие [6].

В среднем ситуация с гиперпараметрами приведена на рисунке 4. Для каждой конкретной задачи необходимо будет искать свои значения параметров, но можно и отталкиваться от того, что считается средним.



Рисунок 4 – Зависимость скорости обучения от различных параметров

Ещё одним интересным способом повышения точности является ансамбль моделей (model ensemble). Суть этого метода заключается в том, чтобы натренировать по отдельности несколько моделей, а потом, используя каждую из них по отдельности, усреднить их предсказания. Этот приём весьма заметно повышает итоговые результаты. Есть и недостатки у такого подхода: чем больше добавляется моделей в ансамбль, тем меньше выгода (diminishing returns), а затраты на обучение каждой из моделей по-прежнему одинаково большие. Кроме того, скорость работы такого подхода оставляет желать лучшего: для получения результата нужно пропустить исходный объект через каждую модель, а потом усреднить, что может быть критично в таких областях, как медицина, машинное зрение и т.п. [7].

Библиографический список

1. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2002. - 94 с.
2. Бычков А.Г. Методика оптимизации элементов нейронной сети на примере перцептрона / А.Г. Бычков, Т.В. Киселева, Е.В. Маслова // Системы управления и информационные технологии. – 2022. - № 1 (87). – С. 4 – 8.
3. Киселева Т.В., Машинное обучение для решения задач распознавания образов / Т.В. Киселева, Е.В. Маслова, А.Г. Бычков / Сб. тр. 50-ой Международной конф. по информационным технологиям в науке, образовании и управлении. - Гурзуф, 2021. - С. 19-24.
4. Киселева Т.В. Машинное обучение в задачах распознавания изображений / Т.В. Киселева, Е.В. Маслова, А.Г. Бычков // Информатизация и связь. - 2021. - № 8.- С. 15-19.
5. Николенко С. Глубокое обучение.- Санкт-Петербург: Питер,2018.-480 с.
6. Бычков А.Г. Использование сегментации в сверточных нейронных сетях для повышения точности. / А.Г. Бычков, Т.В. Киселева, Е.В. Маслова // Системы управления и информационные технологии. - 2022. - №3 (89). - С. 7 – 10.
7. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс : пер. с англ. - Москва: ИД «Вильямс», 2006. - 1104 с.

УДК 004.852

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ (НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ)

Калугин К.П., Грачев А.В.

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

Работа посвящена применению аугментации к обучающей выборке и Test-Time аугментации для улучшения показателей метрик качества и функции потерь модели сверточной нейронной сети, в основе которой находится предобученная модель Inception ResNet v2. В качестве примера используется датасет, предоставляющий данные для решения задачи классификации микроорганизмов.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, компьютерное зрение, классификация, downsampling, аугментация, Inceptionresnet-v2, ImageNet, Test-Time аугментация, микроорганизмы.

Введение

Технологии компьютерного зрения в настоящий момент широко распространены. Их применяют в большинстве направлений, где существует

необходимость обрабатывать и анализировать изображения. Для решения задач компьютерного зрения необходимо обучать сверточные нейронные сети на большом количестве изображений. Однако в некоторых случаях случается так, что имеет место быть недостаточный объем обучающих данных, что приводит к снижению эффективности обучения. В таком случае были разработаны меры исправления данной проблемы: использование предобученной модели, применение аугментации к обучающей выборке, Test-Time аугментация.

В данной работе предобученная модель использована в качестве базовой, чтобы можно было по результатам экспериментов точно определить изменение метрики качества и функции потерь после применения аугментации к обучающей выборке и Test-Time аугментации. Все описанные методы использованы на примере их использования для решения задачи классификации микроорганизмов.

Начальная предобработка данных

Для обучения и тестирования разрабатываемой модели нейронной сети для классификации микроорганизмов используется датасет Micro-Organism Image Classification, расположенный в системе организации конкурсов по исследованию данных – Kaggle [1]. Всего в источнике указывается 8 классов: Amoeba (Амеба), Euglena (Евглена), Hydra (Гидра), Paramecium (Парамеция), Rod bacteria (Палочковидная бактерия), Spherical bacteria (Сферическая бактерия), Spiral bacteria (Спиралевидная бактерия), Yeast (Дрожжи). Далее в данной работе указывается только их русский перевод. Пример размеченных изображений представлен на рисунке 1.

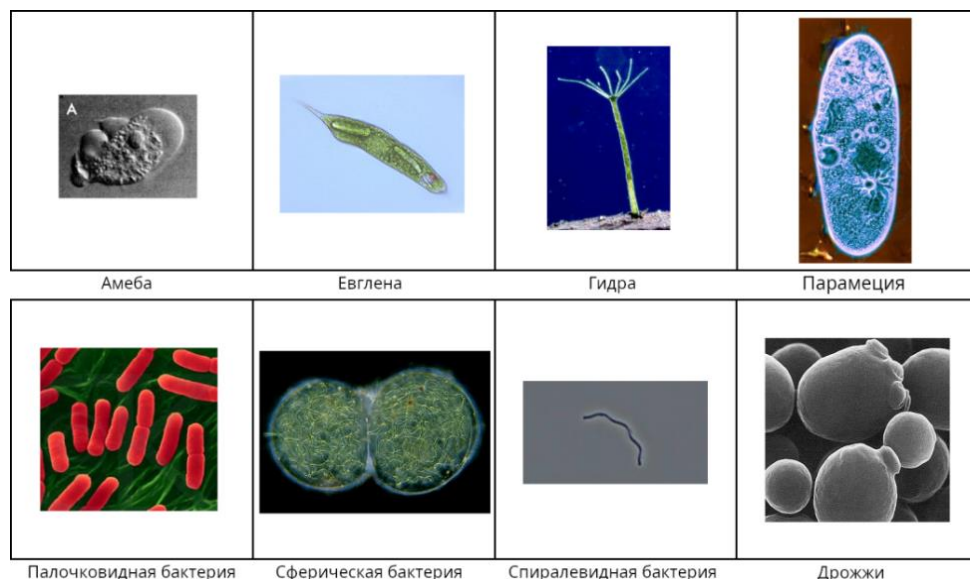


Рисунок 1 – Содержимое датасета

К особенностям используемого набора данных относится малое количество изображений (789), несбалансированность (количество изображений для каждого класса изображены на рисунке 2 (а)), различное разрешение у каждого изображения, отсутствие первоначального деления на различные

выборки.

В качестве обработки малого количества данных в одном из вычислительных экспериментов будет использоваться аугментация.

В качестве обработки несбалансированности данных применялся метод понижения частоты дискретизации (downsampling) для наиболее преобладающих классов, относительно класса «Сферические бактерии». Остальные классы изменению не подверглись, чтобы не потерять большое количество данных. Результат применения понижающей дискретизации представлен на рисунке 2 (б).

В качестве обработки различного разрешения изображений применяется преобразование расширения каждого изображения к расширению 256x256.

В качестве обработки отсутствия деления выборки в данной работе применяется случайное деление на обучающую (72 % от общего количества), валидационную (18 % от общего количество) и тестовую (10 % от общего количества) выборки.

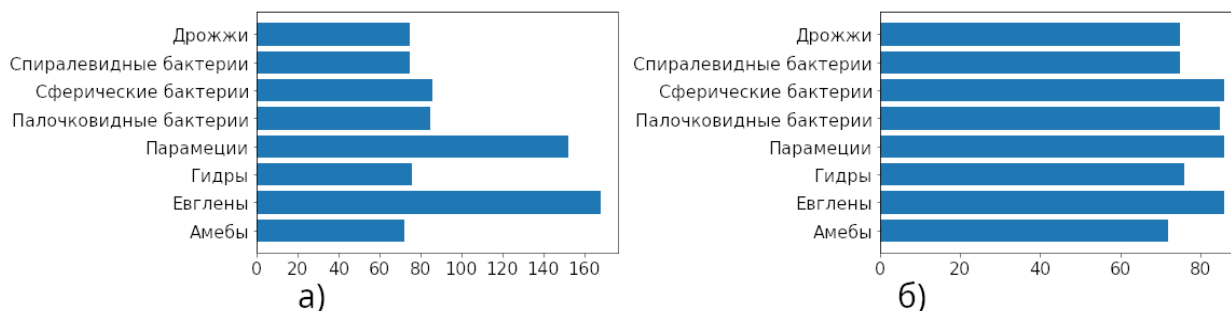


Рисунок 2 – Количественное отношение изображений каждого класса до и после применения метода downsampling

Определение архитектуры и гиперпараметров

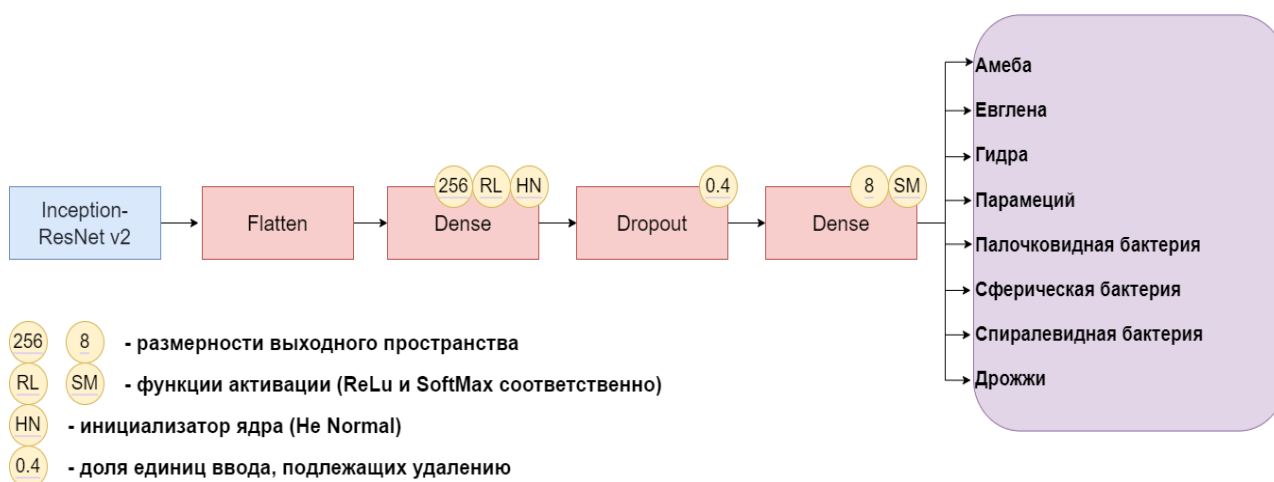


Рисунок 3 – Архитектура модели искусственной нейронной сети

На рисунке 3 изображена архитектура, в основе которой лежит модель Inception ResNet v2 [2]. Ее преимуществом является то, что она уже была

предварительно обучена на ImageNet, и изученные ею функции можно перенести к другим данным, что позволит ускорить процесс обучения без потери точности. Представленная на рисунке архитектура будет использоваться в данной работе во всех экспериментах.

Чтобы убедиться в эффективности всех выполняемых действий необходимо провести ряд экспериментов, для каждого из которых будут определены следующие гиперпараметры:

- оптимизатор – Adam (amsgrad);
- функция потерь (loss) – Sparse categorical crossentropy;
- метрика – Accuracy;
- коэффициент скорости обучения (learning rate) – $1e-3$;
- обучение прекращается, если значение функции ошибки 8 эпох подряд не улучшается.

Эффективность обучения модели определяется по функции потерь и метрике accuracy на тестовой выборке, а также для каждого эксперимента прилагается матрица путаницы на основе предсказаний по тестовой выборке.

Аугментация и Test-Time аугментация

Решением проблемы недостатка данных для обучения является применение аугментации – увеличения набора данных на основе уже имеющихся. В данной работе будет использован следующий алгоритм:

- 1) для каждого изображения случайным образом выбирается подпрограмма (subpolicy) из таблицы 1, каждая из которых состоит из двух возможных преобразований;
- 2) случайным образом генерируется число из диапазона $[0, 1)$;
- 3) если вероятность преобразования выше полученного числа, то оно используется для получения нового изображения, т.е. может использоваться от 0 до 2 преобразований;
- 4) изображение добавляется в конец датасета;
- 5) после применения аугментации датасет случайным образом перемешивается.

Таблица 1 – Методы аугментации (выборка), [3]

	Преобразование	Вероятность	Магнитуда
1	ShearX	0.9	4
	Invert	0.2	3
2	ShearY	0.9	8
	Invert	0.7	5
3	Equalize	0.6	5
	Solarize	0.6	6
4	Invert	0.9	3
	Equalize	0.6	3
...
25	ShearX	0.7	2
	Invert	0.1	5

Для увеличения точности определения класса уже обученной модели используется Test-Time аугментация, представленная следующим алгоритмом:

- 1) для каждого изображения из тестовой выборки будет предсказываться его класс;
 - 2) создается еще 7 изображений на основе случайных преобразований, представленных в таблице 1;
 - 3) для каждого нового изображения предсказывается класс;
 - 4) вычисляется среднее арифметическое всех полученных предсказаний.
- Подробно Test-Time аугментация описана в [4].

Вычислительный эксперимент

Таблица 2 – Результаты обучения модели

Этапы	Accuracy	Loss
Inception ResNet v2	0,600	1,562
Inception ResNet v2 + Augmentation	0,677	1,159
Inception ResNet v2 + Augmentation + TTA	0,723	1,007

Всего будет проведено 3 эксперимента: обучение модели нейронной сети на основе Inception ResNet v2, обучение модели нейронной сети на основе Inception ResNet v2 с применением аугментации обучающей выборки, обучение модели нейронной сети на основе Inception ResNet v2 с применением аугментации обучающей выборки и Test-Time аугментации на тестовой выборке. Результаты применения модели к обучающей выборке представлены в таблице 2. По ней можно наблюдать за повышением метрики accuracy (суммарно на 0,123) и снижением значения loss (суммарно на 0,555).

На рисунке 4 изображены матрицы путаницы, построенные на основе применения модели к тестовой выборке. Применение аугментации к обучающей выборке и Test-Time аугментации привело к тому, что модель стала с большей точностью классифицировать амеб, евглен, гидр и дрожжи.

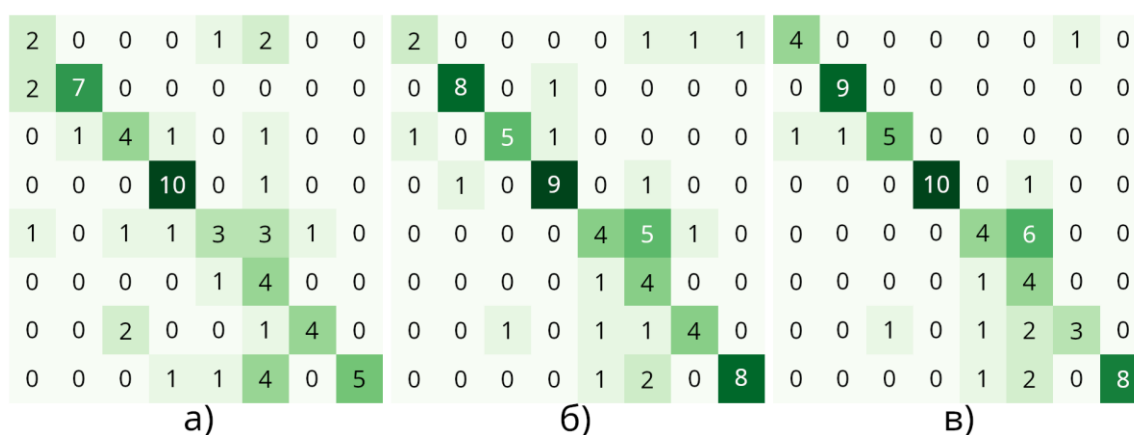


Рисунок 4 – Матрицы путаницы: а) – для Inception ResNet v2; б) – для Inception ResNet v2 + Augmentation; в) – для Inception ResNet v2 + Augmentation + Test-Time Augmentation

Заключение

В данной работе описан процесс улучшения значений метрики качества и функции потерь базовой модели сверточной нейронной сети, основанной на Inception ResNet v2, в условиях малого количества данных для обучения, валидации и тестирования. Для улучшения качества модели использовались аугментация данных для обучения и Test-time аугментация, которые позволили значительно увеличить значение accuracy и уменьшить loss, что которые отражают эффективность обучения модели. Также в результате получена модель, которая способна с высокой точностью предсказывать 6 из 8 классов, представленных в работе. Однако разработанная нейронная сеть в настоящий момент не может использоваться на практике. Чтобы это стало возможным, необходимо дополнительно применить другие методы улучшения показателей обучения модели, а также сильнее увеличить объем обучающей выборки, если, к примеру, увеличить количество итераций вышеописанного метода.

Библиографический список

1. Md Waquar Azam Micro-Organism Image Classification // Kaggle URL: <https://www.kaggle.com/datasets/mdwaquarazam/microorganism-image-classification> (дата обращения: 15.01.2023).
2. Christian Szegedy, Sergey Ioffe, Vincent Vanhoucke, Alex Alemi Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning // arxiv.org URL: <https://arxiv.org/abs/1602.07261v2> (дата обращения: 15.01.2023).
3. Ekin D. Cubuk, Barret Zoph, Dandelion Mane, Vijay Vasudevan, Quoc V. Le AutoAugment: Learning Augmentation Policies from Data // arxiv.org URL: <https://arxiv.org/abs/1805.09501> (дата обращения: 15.01.2023).
4. Dmitry Molchanov, Alexander Lyzhov, Yuliya Molchanova, Arsenii Ashukha, Dmitry Vetrov Greedy Policy Search: A Simple Baseline for Learnable Test-Time Augmentation // arxiv.org URL: <https://arxiv.org/abs/2002.09103> (дата обращения: 18.01.2023).

УДК 004.42

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОЛОГИИ ЛИЧНОСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТА

Рожков Р.С., Бабичева Н.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: roman141999@mail.ru*

В данном докладе рассматривается проблема нехватки времени в условиях динамичной жизни, предложены способы управления временем и деятельностью человека. Представлено решение по автоматизации процессов

планирования за счет разработки мобильного приложения «TimeTime» с использованием типологии личности Майерс-Бриггс и нейронных сетей для эффективного ведения тайм-менеджмента.

Ключевые слова: тайм-менеджмент, MBTI, автоматизация процессов планирования, ИИС, разработка мобильного приложения.

На сегодняшний день ритм, в котором живет большинство людей, вряд ли можно назвать спокойным и размеренным. Нехватка времени в совокупности с критическими задачами в виде важных и неотложных дел являются испытаниями, справиться с которыми под силу далеко не каждому. Людям регулярно не хватает времени на что-то важное, они делают все в спешке, доводят себя до выгорания. Именно поэтому в современном мире личное время является одним из самых ценных и ограниченных ресурсов, и умение эффективно управлять им может стать ключевым фактором успеха в личной и профессиональной жизни.

Под управлением личным временем подразумевается процесс планирования и распределения своего времени для достижения целей и выполнения задач. Управление неминуемо сопровождает деятельность человека, а всякая его деятельность нуждается в управлении [1]. Это важный аспект нашей жизни, который позволяет нам управлять нашими ресурсами.

Однако планирование может быть сложным и трудоемким процессом, особенно в условиях постоянных изменений и неопределенности, поскольку каждый человек уникален, и у каждого может быть свой индивидуальный подход к планированию и управлению временем. При этом необходимо учитывать и свои индивидуальные особенности, предпочтения и способности, чтобы не перегружать себя и не терять мотивацию. Для этого можно использовать различные методы и инструменты планирования и тайм-менеджмента, которые помогают оптимально организовать свое время и ресурсы, помогают решать конкретные задачи, проекты и достигать цели, например: календари, ежедневники, планеры, техника помидора (англ. Pomodoro), матрица Эйзенхауэра (англ. Eisenhower matrix), SMART-цели (англ. SMART goals), Kanban доски и другие подобные техники.

Но, как было выше сказано, не всем людям близки по духу одни и те же методы: людям творческого типа рекомендуют создавать условия, предполагающие спонтанность, свободу выбора и действий, тогда их работоспособность и эффективность деятельности повышаются во много раз; более активным требуется заполненный и плотно расписанный день, но они часто забывают про отдых и, бывает, страдают выгоранием; есть и те, кто не ставит долгосрочные цели, а отдает предпочтение целям на неделю. Данное явление объясняется тем, что, согласно типологии Майерс-Бриггс, существуют типы личности, которым свойственны уникальные комбинации личностных факторов человека. Благодаря их измерению можно предугадать его склонность к определённому виду деятельности, стиль его действий, характер решений и прочие особенности, позволяющие ему чувствовать себя комфортно

и уверенно.

Типология личности Майерс-Бриггс – это система диагностики индивидуальных различий, созданная на базе типологии Карла Юнга в 1940-х годах двумя американскими психологами – Кэтрин Бриггс и Изабель Майерс-Бриггс. Она предполагает, что люди могут быть классифицированы по четырем дихотомиям (шкалам): ориентация сознания Е-І (экстраверсия- интроверсия), способ восприятия информации S-N (сенсорика-интуиция), основа принятия решений Т-F (логос-пафос) и стиль жизни J-P (суждение-восприятие) [2]. Комбинации этих измерений приводят к формированию 16 типов личности.

Дэвид Кейрси, развивая идеи Майерс-Бриггс, выдвинул четыре группы подтипов (темпераментов): NT, NF, SJ, SP. С целью присвоения подходящих методов тайм-менеджмента, применительно к вышеобозначенным типам личности российский психолог и сертифицированный MBTI-практик Елена Лустина предложила следующие наиболее эффективные способы управления временем для каждого типа темперамента:

1) Типу NF – «Вдохновитель» наиболее подходит метод Франклина, долгосрочное планирование с помощью диаграммы Ганта, соблюдение принципов 80/20 и 60/40, расстановка приоритетов;

2) Типу NT – «Интеллектуал» наиболее подходит планирование с помощью диаграммы Ганта, использование списка To do list, Mind-map, SMART;

3) Типу SJ – «Администратор» наиболее подходит методика хронометража, ведение ежедневника, расставление целей по SMART, To do list;

4) Типу SP – «Пожарник» наиболее подходит матрица Эйзенхауэра, система GTD, To do list [3].

В целом для каждого человека необходим свой подход к планированию своей деятельности. Для упорядочивания своих задач, целей и событий, экономии времени, контролировании своего прогресса и ряда подобных вещей на помощь приходит автоматизация процессов планирования. Существует множество программных продуктов, которые могут помочь автоматизировать процессы планирования и управления временем, например, среди популярных и востребованных на рынке маркетплейсов предлагаются Todoist, Any.do, Weeek, TickTick и другие. Однако, одни имеют несколько сложную работу планирования наряду с неоднозначным интерфейсом, другие имеют ограниченный или недостаточный функционал, к тому же ни одно из представленных и ныне существующих приложений по планированию для личного пользования не предлагает в своем составе искусственные нейронные сети, способные индивидуально повышать эффективность управления временем и деятельность человека с опорой на его тип личности.

Чтобы облегчить и повысить эффективность автоматизации процесса планирования деятельности в данной работе было разработано интеллектуальное мобильное приложение «TrueTime» для ведения тайм-менеджмента, в котором планирование задач происходит исходя из типа личности, стиля

его жизни и уровня планирования, а встроенный искусственный интеллект (ИИ) регулирует режимы планирования и корректирует интенсивность работы человека для его эффективной деятельности путем анализа результатов работы. Автоматизация процессов планирования с использованием типологии Майерс-Бриггс заключается в том, что человек выбирает те методы и приемы организации своего времени, которые соответствуют его психологическому типу и учитывают его потребности, интересы и цели. Таким образом, автоматизация процессов планирования с использованием типологии MBTI имеет ряд преимуществ:

- учитывает индивидуальные особенности личности, повышая продуктивность, эффективность и удовлетворенность от работы;
- помогает оптимизировать распределение времени между разными задачами и целями, учитывая приоритеты и потребности;
- способствует развитию сильных сторон личности и компенсации слабых, как следствие повышает мотивацию и ответственность за свои результаты.

Обобщая вышесказанное, *цель приложения «TimeTime»* – помочь пользователям быстро и эффективно планировать свое время и задачи с учетом их индивидуальных особенностей по типологии MBTI с применением потенциала нейронных сетей.

Основной функционал приложения «TimeTime» включает следующие возможности:

- Тестирование пользователя по типу личности MBTI.
- Автоматическая настройка интерфейса, функций и методов планирования приложения в соответствии с типом личности пользователя.
- Создание списков задач и проектов с указанием даты, времени, приоритета, категории и подзадач.
- Синхронизация задач с календарем и напоминаниями.
- Отслеживание прогресса выполнения задач и статистика по ним.
- Возможность делиться задачами с другими пользователями и работать над ними в команде.
- Возможность получать рекомендации по улучшению тайм-менеджмента на основе анализа данных о поведении пользователя.

Мобильное приложение для операционных систем iOS и Android разработано на базе кроссплатформенного фреймворка MAUI от компании Microsoft с использованием языка программирования C# и языка разметки XAML. В качестве базы данных выступает SQLite. Для аутентификации и регистрации пользователей используется облачный сервис Google Firebase.

Для создания модели искусственного интеллекта используется нейронная сеть с архитектурой LSTM (Long Short-Term Memory), необходимая для обработки текстовой информации. LSTM-сети широко применяются для анализа текста и показывают высокую точность в таких задачах, как распознавание речи, понимание естественного языка, анализ тональности текста и категоризация текстов по тематикам.

На рисунке 1 представлена общая концепция работы приложения. При первом запуске приложения предлагается пройти регистрацию для идентификации человека, как пользователя, сохранения и синхронизации его данных, а также прохождения теста для определения типа личности по методике Майерс-Бриггс (МВТИ) с целью выявить благоприятные методы планирования для человека. По окончании регистрации программа определит тип личности человека и пользователю необходимо будет выбрать подходящие методы планирования в основном пользовательском интерфейсе.

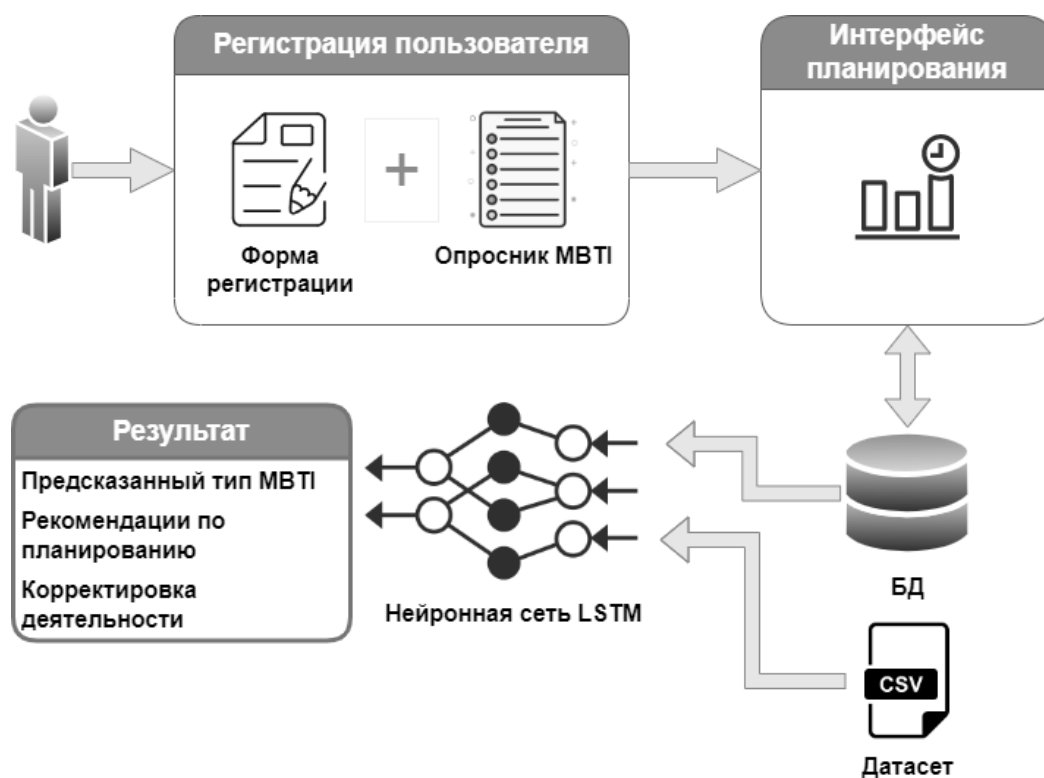


Рисунок 1 – Концепция работы мобильного приложения «TimeType»

При регулярном планировании действий человека спустя некоторое время обученная на специальном датасете нейронная сеть предскажет, правильно ли человек определил свой тип личности, исходя из его набранной текстовой информации при планировании, скорости выполнения задач, уровня мотивации и иных факторов деятельности. Тем самым ИИ анализирует эффективность ведения деятельности на основе ее показателей (индикаторов) и старается регулировать интенсивность работы человека, повышая его продуктивность с учетом типа МВТИ.

Таким образом, разработанное мобильное приложение «TimeType» может быть полезно для студентов, работников офисов, фрилансеров, предпринимателей и любых других людей, которые сталкиваются с необходимостью распределять свое время между разными задачами. Приложение поможет интеллектуально управлять своей деятельностью и осознанно контролировать время, увеличивая при этом эффективность и продуктивность своей работы или отдыха. На данный момент приложение имеет тестовый характер

для апробации на реальных пользователях. В дальнейшем планируется произвести улучшение и калибровку работы нейронной сети, обученной на новом датасете, имеющем полезные статистические показатели эффективности деятельности человека.

В заключение, необходимо помнить, что автоматизация процессов планирования не может заменить полностью человеческий фактор в тайм-менеджменте. Поэтому, чтобы достичь максимальной эффективности, необходимо научиться балансировать между использованием программных инструментов и ручными методами планирования и управления временем.

Библиографический список

1. Чаплина, А. Н. Введение в менеджмент : учеб. пособие / Чаплина А.Н., Герасимова Е.А., Еронкевич Н.Н. - Краснояр.:СФУ, 2016. – 132 с.– ISBN 978-5-7638-3558-8.

2. 4brain [Электронный ресурс] : онлайн-платформа по обучению soft skills – Москва, 2012 – Режим доступа: <https://4brain.ru/blog/тест-на-типичности-маерс-бриггс/> – Загл. с экрана.

3. b17.ru [Электронный ресурс] : Сайт психологов – Краснодар, 2009 – Режим доступа: <https://www.b17.ru/article/6739/?ysclid=129tuubemq> – Загл. с экрана.

УДК 004.4

ВНЕДРЕНИЕ ЧАТ-БОТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Кирчева А.С., Мамедов И.В., Бабичева Н.Б., Гусев М.М.

*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,
e-mail: alinakircheva@mail.ru, tamedowilkin15@gmail.com*

В данной статье выделена особенность системы образования. Внедрение и применение чат-ботов в образовательный процесс способствует улучшению качества образования. Рассмотрено понятие «чат-бот», выделены его основные виды в образовательном процессе и их особенности, а также преимущества перед приложениями. Также описаны возможные функции в образовательном процессе.

Ключевые слова: чат-бот, виртуальный собеседник, программа-собеседник, образование, образовательный процесс.

Одной из важных особенностей системы образования является работа преподавателей с представителями разных поколений, которые могут отличаться в своих характеристиках, навыках и жизненных принципах. Молодое поколение, выросшее в эпоху информационных технологий, может более успешно осваивать материалы, представленные в электронном формате, чем бумажные учебники. Они также могут быть более открыты к новым методам обучения, таким как интерактивные занятия и виртуальные лекции.

Преподаватели должны быть готовы к работе с различными поколениями, учитывая их потребности и особенности. Это может требовать от них постоянного обучения и приспособления к новым методам и технологиям, чтобы обеспечивать эффективное обучение и достижение образовательных целей.

Информационный процесс, который привел к созданию чат-ботов, начался еще в 1966 году, когда был разработан первый чат-бот под названием ELIZA [1]. Она была создана для имитации психотерапевта и способна была поддерживать диалог с пользователем на основе заранее заданных правил.

С тех пор чат-боты развивались и совершенствовались, а с появлением Интернета и мобильных устройств их популярность стала расти. В дальнейшем, они стали широко применяться в различных сферах, включая бизнес, здравоохранение, туризм и другие (рисунок 1). В последнее время заметное внедрение чат-ботов происходит в образовательной сфере, тем самым увеличиваются возможности для дальнейшей работы.

Чат-боты (виртуальный собеседник или программа-собеседник) - это программы, которые созданы для автоматического взаимодействия с сообщениями от пользователей через интерфейс чата [2]. Они могут быть запрограммированы для отслеживания ключевых слов или фраз и автоматической обработки запросов пользователей, предоставления информации, решения проблем и другие. Некоторые чат-боты используют машинное обучение и нейронные сети для улучшения качества своих ответов и адаптации к изменяющимся условиям.



Рисунок 1 - Сферы применения чат-ботов

Существует два основных вида чат-ботов в образовательном процессе:

1. Основанные на наборах правил, введенных пользователем;
2. Основанные на принципах машинного обучения.

Чат-боты, основанные на наборе правил, реагируют на запросы пользователя, используя заранее заданные алгоритмы и правила. Они могут обрабатывать только те запросы, для которых были заданы соответствующие правила, и не могут обрабатывать новые или неожиданные запросы. Такие чат-боты достаточно просты в создании и могут быть использованы для решения простых задач [3] (рисунок 2).

Чат-боты, основанные на принципах машинного обучения, используют методы искусственного интеллекта, которые позволяют им самостоятельно обучаться, решая множество сходных задач в процессе взаимодействия с человеком. Они могут обрабатывать более сложные запросы и обучаться на новых данных, что позволяет им постепенно улучшать свою работу. Однако создание таких чат-ботов требует большого количества данных и специальных навыков в области машинного обучения.

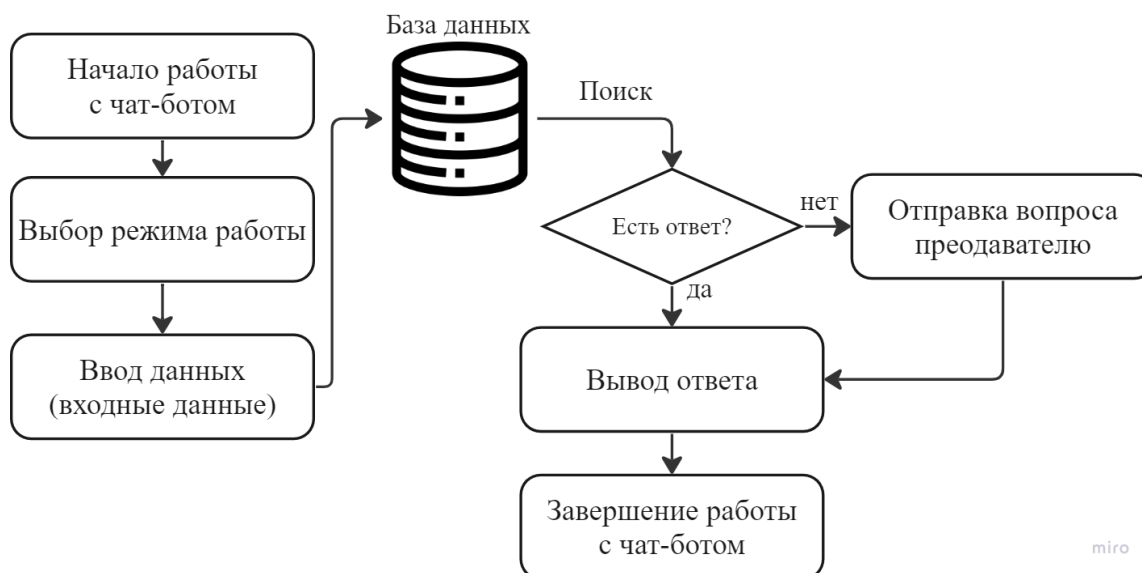


Рисунок 2 - Схема использования чат-бота в образовательном процессе

Перед приложениями чат-боты имеют ряд общих преимуществ:

– Виртуальные собеседники просты в использовании. Они не требуют от пользователей установки и настройки, они доступны прямо из мессенджера или на сайте, что делает использование более удобным и быстрым [4].

– Чат-боты имеют большой охват аудитории. В отличие от мобильных приложений, они могут быть использованы на любой платформе, на которой есть мессенджеры или доступ к Интернету, что позволяет достичь большего числа пользователей.

– Создание чат-бота может быть более быстрым и простым, чем разработка того же самого мобильного приложения, и его обновление не

требует прохождения процесса обновления в магазине приложений. Тем самым программы-собеседники быстры в разработке и в обновлении.

- Разработка и поддержка чат-ботов может быть дешевле, чем мобильных приложений, что делает их более доступными для малых и средних бизнесов.

- Виртуальные собеседники имеют интеграцию с другими сервисами. Они могут легко интегрироваться с другими сервисами, такими как CRM-системы (Customer Relationship Management - управление отношениями с клиентами), онлайн-кассы и другие, что упрощает автоматизацию бизнес-процессов и повышает эффективность работы.

Образование в вузах до внедрения таких технологий было основано на традиционных методах обучения, то есть лекции, семинары, практические занятия и другие методы. Преподаватели часто использовали учебники и лекции, разработанные ими самостоятельно или написанные другими авторами. Студенты получали задания на дом, писали рефераты и эссе, а также сдавали экзамены.

Традиционный подход к образованию имеет свои ограничения, например, он не всегда обеспечивает индивидуализацию обучения и учитывает индивидуальные потребности и способности студентов. Кроме того, традиционное обучение ограничено временем и местом проведения занятий. С появлением чат-ботов образовательный процесс начал претерпевать колоссальные изменения. Студенты все чаще начали обращаться к электронным технологиям. Это позволило им организовать свой образовательный процесс более гибко и персонализировано. Вследствие чего чат-боты стали важным инструментом в образовательном процессе. Они серьезно могут помочь студентам и преподавателям взаимодействовать между собой, предоставлять необходимую информацию и автоматизировать многие процессы. Можно выделить основные функции чат-ботов в образовательном процессе:

- Виртуальные собеседники могут использоваться для облегчения взаимодействия между студентами и преподавателями во время онлайн-курсов. Они могут отвечать на вопросы студентов, предоставлять дополнительную информацию, помогать в выполнении заданий и даже предоставлять обратную связь.

- Также чат-боты применяются в предоставлении расписания занятий, информации об изменениях в расписании, напоминаний о предстоящих занятиях и другие информации. Это может помочь студентам быть в курсе всех изменений и избежать пропусков занятий.

- Программы-собеседники могут применяться для предоставления учебного материала, ответов на вопросы, а также для автоматизации проверки заданий. Студенты выполняют задание и его высылают, а чат-бот принимает эти данные, проводит анализ выполненной работы. После чего он высылает результат, который содержит комментарий с оценкой. Это может уменьшить нагрузку на преподавателей и ускорить процесс проверки

заданий. Помимо этого они могут быть полезными в подготовке к зачетам или экзаменам.

– Также чат-боты могут использоваться для сбора обратной связи от студентов о курсе, преподавателе или даже об университете в целом, улучшив при этом качество образования и удовлетворенность студентов.

– Нередко у студентов возникают проблемы в процессе обучения. К таким проблемам следует отнести трудности с учетной записью, с доступом к учебному материалу или другие технические неполадки. В этом случае чат-бот может использоваться как служба поддержки студентов в их учебной деятельности.

– Виртуальные собеседники могут быть хорошими помощниками в управлении временными ресурсами. Они могут использоваться для помощи студентам в управлении временем и планировании своих занятий. Чат-боты будут напоминать студентам о дедлайнах, помогать составлять расписание занятий и заданий, а также предоставлять советы по управлению временем.

Таким образом, чат-боты вносят значительный вклад в образовательный процесс, упрощая коммуникацию между преподавателями и студентами и обеспечивая дополнительную поддержку для студентов вне аудиторий и лабораторий. В системе образования они служат для автоматизации определенных задач и улучшения качества обучения. Виртуальные собеседники помогают студентам быстро получить ответы на свои вопросы, а также предоставить индивидуальную помощь и поддержку. Они предоставляют студентам новые возможности для получения знаний и развития навыков.

Особенность чат-ботов состоит в том, могут адаптироваться к уникальным потребностям и уровню знаний каждого обучающегося, предоставляя индивидуальную поддержку и помощь в обучении.

Необходимо учитывать, что использование виртуальных собеседников не должно заменять прямого взаимодействия между студентом и преподавателем.

Использование чат-ботов в образовании является полезным инструментом для обеспечения доступа к знаниям и поддержки в обучении, но требует дальнейших исследований и разработки, чтобы максимально использовать их потенциал в образовательном процессе.

Библиографический список

1. История создания чат-ботов: от идеи до использования чат-ботов в бизнесе [Электронный ресурс] – URL: <https://www.jivo.ru/blog/tutorials-jivo/chat-bot-history.html> (дата обращения 04.04.2023).

2. Маргарита Акулич: Чат-боты и маркетинг [Электронный ресурс] – URL: <https://libcat.ru/knigi/nauka-i-obrazovanie/prochaya-nauchnaya-literatura/514790-margarita-akulich-chat-boty-i-marketing.html> (дата обращения 04.04.2023).

3. Виды чат-ботов: на основе сценариев и искусственного интеллекта

[Электронный ресурс] – URL: <https://www.jivo.ru/blog/tutorials-jivo/vidy-chat-botov-na-osnove-sczenariiev-i-iskusstvennogo-intellekta.html> (дата обращения 04.04.2023).

4. 10 поразительных фактов о чат-ботах [Электронный ресурс] – URL: <https://finance.rambler.ru/economics/37140127-10-porazitelnyh-faktov-o-chat-botah/> (дата обращения 04.04.2023).

5. Чат-боты – будущее образования [Электронный ресурс] – URL: <https://pedsovet.org/article/cat-boty-budusee-obrazovania> (дата обращения 04.04.2023).

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОЙ КОНТАКТОРНОЙ СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Климов Д.Е., Огнев С.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: klimov_denis.2000@mail.ru*

В данной статье приведены назначение, планируемые технические характеристики и описание конструкции разрабатываемого устройства взрывозащищенной контакторной станции управления, в дальнейшем именуемой «КСУВ».

Целью создания станции является увеличение степени автоматизации угледобывающих шахт: снижение влияния человеческого фактора, повышение безопасности, снижение времени простоев и т.д.

Ключевые слова: станция, пускатель, взрывозащита, ток, напряжение.

Актуальность и назначение

Актуальность разработки КСУВ характеризуется в первую очередь тем, что на рынке не представлены серийные модели этого устройства, позволяющие одновременно осуществлять коммутацию нескольких видов оборудования (водоотливных установок, турбокомпрессоров, насосов холодильных установок, двигателей лавовых конвейеров и т.д.), питающихся от напряжений 1140, 3000 и 6000 кВ.

Конструктивно устройство состоит из взрывобезопасной оболочки с быстро открываемой дверью. Включает в себя 3 электромагнитных вакуумных пускателей типа ПЭВ, предназначенных для работы в трехфазных сетях с изолированной нейтралью и коммутируемым напряжением нагрузки до 6 кВ. Уровень взрывозащиты оболочки соответствует виду РВ Exd. Так же внутри оболочки размещены реверсируемый разъединитель, и микроконтроллерная система управления и защит ПИР.01-ПЭВ разработанная для работы во взрывоопасных по пыли и газу средах. Искробезопасные цепи дистанционного управления соответствуют уровню защиты [ia]I. Функции защит токовых, контроля изоляции, напряжения и другие сервисные функции

выполняет микроконтроллерная система ПИР.01-ПЭВ.

Пускатели предназначены для работы в следующих условиях:

- номинальные значения климатических факторов по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1;

- номинальные рабочие значения механических внешних воздействующих факторов по ГОСТ 17516.1 для группы механического исполнения М1 по ГОСТ 16962.2;

- окружающая среда – взрывоопасная по газу (метану) и угольной пыли, с запыленностью не более 1200 мг/м³;

- температура окружающего воздуха – от минус 10 до плюс 350 С;

- относительная влажность окружающей среды – до 100 % при температуре до 350 °С;

- нормальное рабочее положение в пространстве – горизонтальное, допустимое отклонение от рабочего положения ±150;

- высота над уровнем моря – не более 1000 м, глубина ниже уровня моря – не более 1500 м;

- колебания напряжения в электрической сети – от 0,85 до 1,1 Uном;

Конструкция

Станция состоит из набора электрических устройств и аппаратуры, смонтированных во взрывонепроницаемом корпусе.

Корпус представляет собой сварную конструкцию, состоящую из двух отделений, разделенных взрывонепроницаемыми перегородками, основной отсек и верхней вводной камеры.

Верхняя камера вводов предназначена; для ввода и подключения силовых кабелей, проходящих как транзитно, так и тупиковые присоединения к пускателю гибких и бронированных силовых кабелей с сухой разделкой. При вводе бронированного кабеля к сетевому отделению может крепиться специальная коробка, служащая для заливки места разделки кабеля заливочной массой.

Моторное отделение предназначено для ввода и присоединения кабеля электродвигателя и кабелей контрольных цепей. Вводная камера и моторное отделение находятся в одном отсеке и отделены друг от друга изоляционной перегородкой. Камера имеет четыре силовых кабельных ввода и два ввода для контрольных кабелей. Силовые кабеля подключаются к силовым проходным изоляторам через болтовые зажимы.

Контрольный кабель подключают к установленной внутри клеммной колодке, которая в свою очередь подключается к низковольтным проходным изоляторам. Сверху камера отсека закрывается металлической крышкой при помощи болтов.

Основной отсек станции содержит резьбовые закладные для крепления вакуумного контактора, трансформатора, реверсивного разъединителя. На боковой поверхности находится проходная втулка для крепления механизма привода вала разъединителя, а также втулка блокировочной кнопки вышеуказанного механизма. Данная кнопка содержит электрическую блокировку.

Передняя дверь корпуса является быстро открываемой. Удержание двери происходит по всем четырем сторонам, посредством стальных зацепов, закрепленных парами на двери и на взрывобезопасных фланцах. В вертикальное движение дверь приводится с помощью рычага, приводящего во вращение вокруг оси круг со смещенным отверстием под ось. При поднятии рычага дверь получает вертикальное смещение, и указанные выше зацепы разблокируются, либо наоборот блокируются, удерживая дверь в закрытом положении.

Для исключения возможности открытия двери при включенном разъединителе с правой стороны корпуса возле ручки двери имеется блокировочная винтовая штанга. Которая не дает возможность поднять дверь при включенном разъединителе. Для того чтобы вкрутить штангу и освободить дверь необходимо, предварительно ручку привода разъединителя перевести в состояние выключено. Для исключения возможности разрыва нагрузки разъединителем при включенном выключателе, предусмотрена совмещенная с механической электрическая блокировка в виде установленной на кронштейн для кнопки S3. Только в этом состоянии произойдет совмещение штанги с пазом, проточенным на корпусе ручки разъединителя, после чего можно вкрутить штангу, заблокировав разъединитель и получить возможность открытия двери.

Вакуумный контактор представляет собой цельно-оболочную конструкцию, состоящую из основания, выполненного из диэлектрического материала, смонтированной на нем электромагнитной системы, двух блоков вспомогательных контактов, трех вакуумных камер, жестко закрепленными на основании неподвижными полюсами. Подвижные полюса камер приводятся в действие диэлектрическим рычагом при помощи электромагнитной системы. В состав контактора входит блок форсированного включения. Конструкция контактора обеспечивает замену поврежденных катушек электропривода, блоков вспомогательных контактов, вакуумных камер и блока форсировки.

Функции, выполняемые микроконтроллерной системой

- Отключение оборудования при возникновении аварийных ситуаций:
 - превышение номинальной силы тока в цепи;
 - превышение оборотов двигателя выше критического уровня;
 - превышение содержания метана в воздушной среде;
 - внедрение ремонтной бригады в работу станции управления;
 - возгорание внутри станции;
- Отключение оборудования при необходимости проведения ремонтных работ.
- Автоматическая коммутация оборудования по заданной схеме.
- Сигнализация аварийного, включенного, выключенного состояний.
- Дистанционная связь с оператором посредством SCADA системы.
- Автоматическая диагностика состояния рабочих параметров.

Изображения прототипа будущей КСУВ.

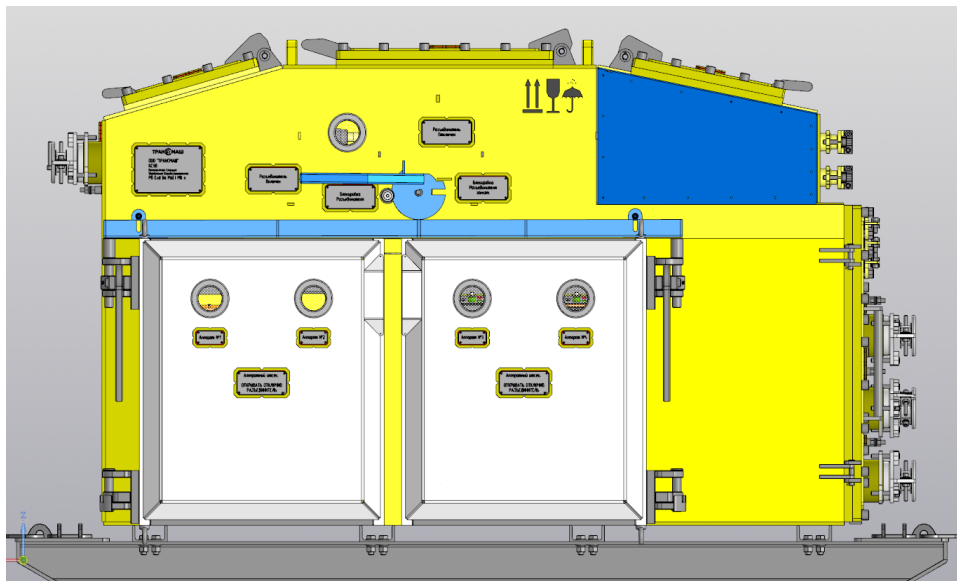


Рисунок 1 – КСУВ. Вид спереди

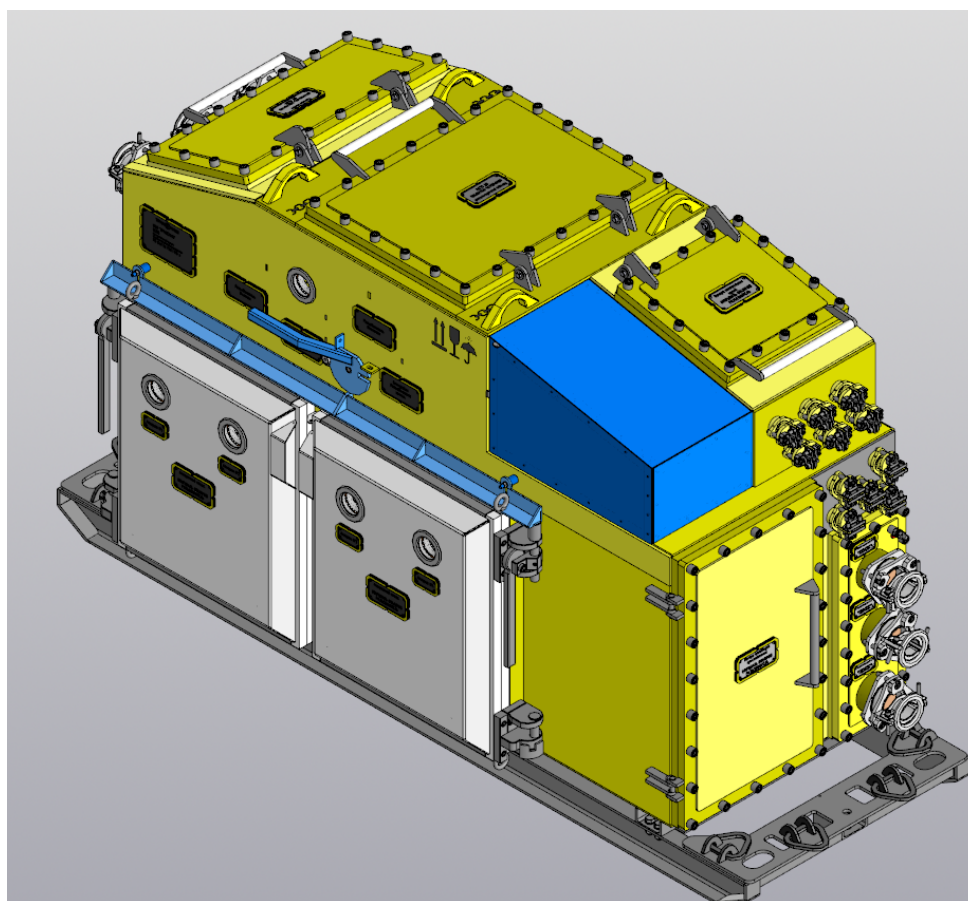


Рисунок 2 – КСУВ. Изометрия

Библиографический список

1. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 166 с.

2. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия – М.: Стандартиформ, 2010. – 85 с.

3. ГОСТ 17516.1-90. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам – М.: Стандартиформ, 2007. – 45 с.

4. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления: Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

УДК 311.13 (075.8)

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЯДОВ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ

Бондаренко А.Д., Киселева Т.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: Alina.12ru@yandex.ru*

Рассмотрены прогнозаторы: простая сдвигка, релейно- экспоненциальное сглаживание 1-го порядка (РЭС-1) с экстраполяцией, алгоритмы Холта, Холта – Муира и Бокса – Дженкинса для прогнозирования количества дорожно-транспортных происшествий. Оценена точность прогноза каждого прогнозатора с помощью средне-модульной ошибки (СМО). Для улучшения качества прогноза сделана попытка выбирать на каждом шаге прогноза наилучший прогнозатор, точность которого оценивалась по текущему значению СМО и рекомендовать его на следующий шаг.

Ключевые слова: анализ реализации, дорожные происшествия, времена года, методы прогнозирования, СМО.

Аварийность на автомобильных дорогах характеризуется числом ДТП, в которых умерли или были ранены люди за рассматриваемый период времени.

Для прогнозирования дорожно-транспортных происшествий с целью принятия необходимых мер к их снижению был сделан предварительный анализ реализаций, характеризующих их помесечное количество. Анализ показал, что целесообразно реализацию разделить по временам года и осуществлять прогноз отдельно, так как ряды данных каждого сезона значительно отличаются друг от друга [4].

Для запуска используемых прогнозаторов вначале необходимо было найти их оптимальные настройки [2].

Ряд данных, характеризующих дорожно-транспортные происшествия, взят за период с 2013 по 2021 годы.

В таблице 1 приведены прогнозаторы с наилучшими настройками для каждого времени года с точки зрения средне-модульной ошибки.

Таблица 1 – Прогнозаторы с наилучшими настройками СМО

Прогнозаторы	Осень		Весна		Лето		Зима	
	α	СМО	α	СМО	α	СМО	α	СМО
РЭС-1	$\alpha = 0,5$	7,77	$\alpha = 0,1$	8,83	$\alpha = 0,3$	9,70	$\alpha = 0,1$	15,30
Холта	$A=0,4;$ $B=0,05$	7,86	$A=0,3;$ $B=0,05$	9,82	$A=0,4;$ $B=0,05$	10,81	$A=0,3;$ $B=0,05$	15,21
Холта-Муира	$A=0,4;$ $B=0,05$	7,87	$A=0,3;$ $B=0,05$	9,79	$A=0,4;$ $B=0,05$	10,82	$A=0,3;$ $B=0,05$	15,41
Бокса-Дженкинса	$y1=0,3;$ $y2=0,2;$ $y3=0,05$	8,04	$y1=0,1;$ $y2=0,1;$ $y3=0,05$	9,48	$y1=0,1;$ $y2=0,1;$ $y3=0,05$	11,04	$y1=0,1;$ $y2=0,1;$ $y3=0,05$	14,96
Простая сдвижка	-	9,00	-	12,73	-	14,88	-	23,81

На рисунке 1 для примера приведена реализация количества дорожно-транспортных происшествий, зафиксированных в осеннее время года, а также показана прогнозная кривая, полученная с помощью метода Бокса – Дженкинса с настройками $\gamma_1 = 0,3$, $\gamma_2 = 0,2$, $\gamma_3 = 0,05$. Точность прогнозирования составляет: СМО = 8,04.

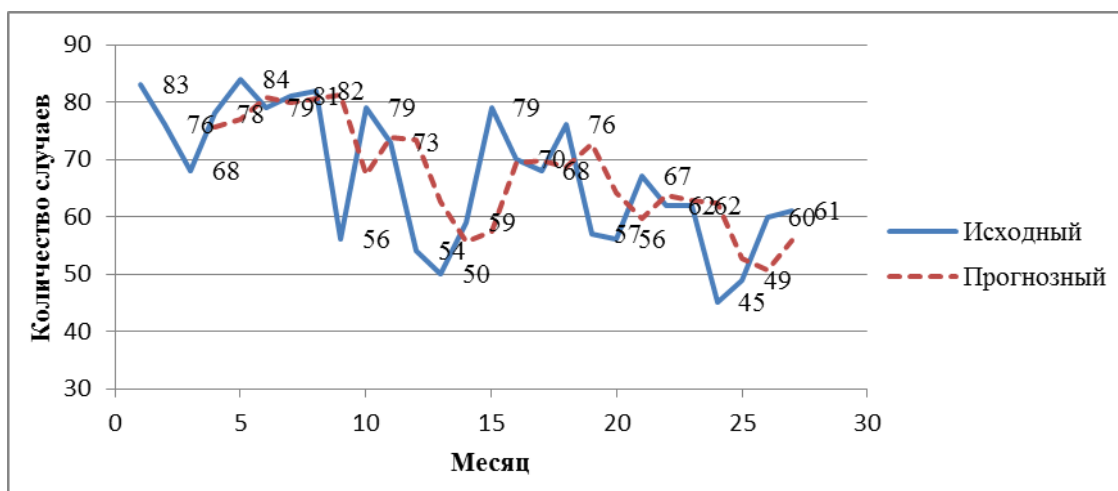


Рисунок 1 – Исходные и прогнозные значения ряда, характеризующего ДТП в осеннее время года, полученные методом Бокса – Дженкинса

Сделана попытка улучшить качество прогноза. Для этого на каждом шаге прогнозирования выбирался наилучший прогнозатор с точки зрения наименьшего текущего значения СМО [3], который рекомендовался для прогноза на следующем шаге.

Постановка задачи для выбора наилучшего прогнозатора на каждом шаге прогнозирования:

Дано:

1. Реализации данных, характеризующих дорожно-транспортные происшествия, зафиксированных по сезонам.
2. Методы экстраполяционного прогнозирования: 1) простой сдвижки;

2) релейно-экспоненциальный сглаживатель 1-го порядка (РЭС-1) с экстраполяцией; 3) Холта; 4) Холта - Муира, 5) Бокса - Дженкинса.

3. Ограничения: 1) настроечный параметр α в формуле текущего значения СМО изменяется в пределах $[0,3 - 0,6]$; 2) $R[0] = 0$.

4. Критерий: текущее значение СМО:

$$R(i) = R(i - 1) + \alpha[|x(i) - \hat{x}(i)| - R(i - 1)], \quad (1)$$

где α – настроечный параметр (коэффициент сглаживания);

$R(i-1)$, $R(i)$ – текущее значение средне-модульной ошибки, полученное на i -ом и $(i - 1)$ -ом отсчетах.

Требуется: 1) На каждом шаге прогнозирования найти «наилучший» прогнозатор, для которого $R(i) = \min$; 2) Использовать значение прогноза, полученное наилучшим прогнозатором на i -ом шаге, и рекомендовать его на $(i + 1)$ шаг.

В таблице 2 приведен фрагмент исходных значений прогнозируемого ряда, а также показаны текущие значения СМО для каждого используемого прогнозатора. В последней колонке таблицы приведены значения прогноза, полученного наилучшим прогнозатором, а выделенные черным шрифтом СМО являются наименьшими для соответствующего прогнозатора на текущем шаге прогнозирования [1].

Таблица 2 – Фрагмент результаты прогнозирования ДТП в осеннее время года, полученные различными прогнозаторами

№	Исходный ряд	Значения текущего СМО, полученные при использовании различных прогнозаторов					Результаты прогноза
	X	Простая сдвижка	РЭС-1	Холта	Холта-Муира	Бокса-Дженкинса	Наилучшее значение \hat{x}
1	82	-	-	-	-	-	
2	117	35	-	-	-	-	
3	93	24	-	-	-	-	
4	79	14	18,33	-	-	-	93,00
5	108	29	16,17	18,37	18,41	15,25	92,75
6	83	25	13,68	14,44	14,21	13,56	96,56
7	69	14	23,58	22,37	22,22	24,17	83,00
8	82	13	3,50	0,04	0,28	5,13	82,04
23	66	20	4,02	5,10	6,60	3,11	62,89
24	64	2	0,81	0,69	2,26	0,33	63,67
25	50	14	13,43	13,83	12,31	13,75	62,31
26	72	22	12,60	13,76	15,24	11,69	60,31
27	67	5	3,82	2,71	4,25	3,76	64,29

На рисунке 2 приведены исходная и прогнозная реализации количества случаев ДТП, зафиксированных в осеннее время года.

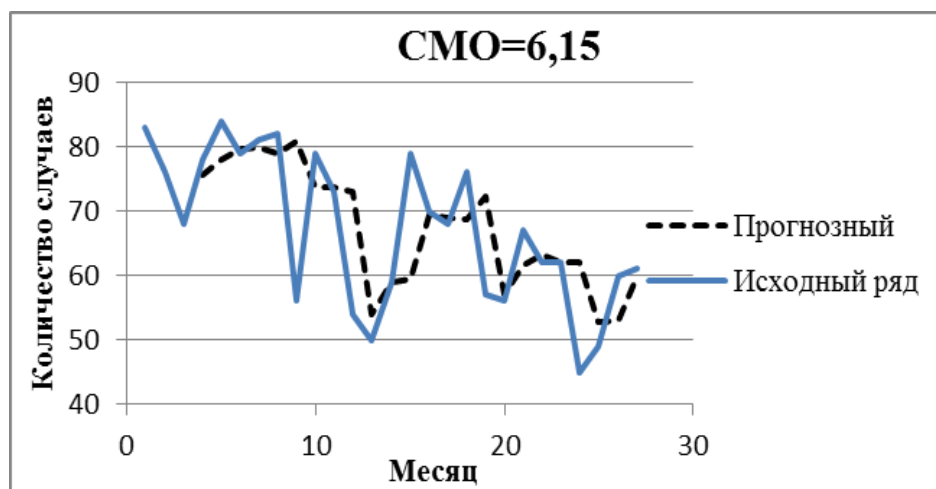


Рисунок 2 – Исходные и прогнозные значения ДТП в осеннее время года, полученные с помощью наилучшего прогнозатора

Таким образом, анализ рисунков и таблиц, а также полученные значения СМО при прогнозировании ДТП с помощью наилучшего прогнозатора, позволяют констатировать, что, выделяя на каждом шаге прогнозирования наилучший прогнозатор (по наименьшему текущему значению средне-модульной ошибки прогноза), который затем рекомендован к использованию на следующем шаге, удалось получить более точный прогноз, чем при использовании отдельных прогнозаторов.

Полученные результаты прогнозирования рядов данных, характеризующих ДТП по временам года, необходимы для выявления причин, приводящих прогноз к возрастанию ДТП и характерных именно для данного времени года (например, гололедица, плохое состояние дорожного полотна, затопление во время весенних паводков и т.д.) с целью принятия мер по снижению числа дорожно-транспортных происшествий.

Библиографический список

1. Киселева Т.В. Комплексный многовариантный анализ и прогнозирование реализаций данных: монография / Т.В. Киселева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 227 с.
2. Бондарь, Н.Ф. Многовариантное прогнозирование расчетных показателей / Н.Ф. Бондарь, В.П. Авдеев, С.М. Кулаков. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 1998. – 239 с.
3. Афанасьев, В.Н. Моделирование и прогнозирование временных рядов / В.Н. Афанасьев, Т.В. Лебедева. – Москва : Финансы и статистика, 2009. – 291 с.
4. Бондаренко А.Д. Анализ рядов данных, характеризующих дорожно-транспортные происшествия в г. Новокузнецке // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции

студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. / Министерство науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. С. В. Коновалова. – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – Вып. 26. Ч. 5 : Технические науки. – 33-37.

УДК 658.5

ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА АРХИВИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Губанов К.Н., Калашников С.Н.

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

Оптимизация бизнес-процессов является ключевой стратегией повышения эффективности производства конечной продукции на промышленных предприятиях. Выявляя и устраняя недостатки, автоматизируя повторяющиеся процессы решения поставленных задач, оптимизируя рабочие процессы по критерию повышения производительности, предприятия могут добиться значительного роста экономических показателей своей деятельности. При наличии современного профессионального оборудования и оптимизированных процессов, предприятия могут оставаться впереди конкурентов и достигать своих целей.

Ключевые слова: оптимизация, бизнес-процесс, человеческий фактор, временные затраты, программный продукт.

Предприятия постоянно ищут способы повышения эффективности своей деятельности с целью увеличения прибыли. Одним из наиболее эффективных способов достижения этой цели является оптимизация бизнес-процессов, которая включает в себя выявление и устранение недостатков, автоматизацию повторяющихся процессов решения поставленных задач и оптимизацию рабочих процессов. Результатом является повышение эффективности деятельности предприятия и рост прибыли [1].

Один из примеров малоэффективного рабочего процесса является передача чертежей металлоконструкций в архив для их дальнейшей обработки архивариусом и хранения. На рисунке 1 представлен процесс обработки одного чертежа. В среднем, за рабочий день архивариус обрабатывает от 50 до 100 чертежей.

Сканирование чертежей необходимо для хранения архива в цифровом виде, при этом файл открывается для того, чтобы человек смог прочитать чертеж и в соответствии с атрибутами чертежа переименовать его. Далее происходит копирование чертежа в директорию архива, которая так же должна называться в соответствии с группой чертежей.



Рисунок 1 – Процесс оцифровки одного чертежа.

Ниже таблица 1, в которой представлены результаты проведенного исследования среднего времени, затрачиваемого на обработку одного чертежа.

Таблица 1 – Временные затраты на обработку 10 чертежей

№	Сканирование, сек	Открытие файла, сек	Переименование, мин	Перемещение, сек	Итог
1	25	45	2,5	30	4 мин 10 сек
2	30	35	3	45	4 мин 50 сек
3	35	40	3,5	32	5 мин 17 сек
4	30	42	2	44	3 мин 56 сек
5	25	34	4,5	23	5 мин 52 сек
6	30	56	3,5	43	5 мин 39 сек
7	35	32	2,5	56	4 мин 33 сек
8	30	44	2	47	4 мин 1 сек
9	25	56	4	35	5 мин 56 сек
10	30	37	3	28	4 мин 35 сек
				Среднее время	4 мин 52 сек

При обработке чертежа со средним временем в 4 минуты 52 секунды архивариус за один восьмичасовой рабочий день успеет обработать примерно 96 чертежей, но это при условии отсутствия ошибок из-за человеческого фактора. В случаях, когда ошибка сразу не была обнаружена, как следствие, возможно увеличение времени обработки чертежа в два раза.

Неэффективным в данном процессе обработки чертежей является переименование файла, которое связано с очень большим риском появления ошибок в наименовании файла в связи с человеческим фактором. Кроме этого большие временные затраты для обработки одного чертежа не позволяют увеличить количество обрабатываемых чертежей.

Для устранения неэффективных этапов было принято решение создать программный продукт для автоматического считывания данных с чертежей, их переименования и перемещения в необходимую директорию.

Атрибуты необходимые для переименования, записаны в DataMatrix код и размещены на чертежах [2].

Созданный программный продукт позволяет выбрать несколько отсканированных чертежей и считывать с них данные, после чего переименовывает и перемещает их в директорию.

За счет появившейся возможности переименовывать несколько файлов одновременно рассматриваемый процесс изменился, так как архивариус сканирует сразу несколько чертежей. При этом программа напрямую берет данные из чертежа, что позволило исключить из процесса человеческий фактор.

Ниже представлены результаты проведенного исследования среднего времени после оптимизации процесса.

Таблица 2 – Временные затраты после оптимизации процесса

№	Сканирование, мин	Открытие файла, сек	Переименование, сек	Перемещение, сек	Итог
1	5	1	15	3	5 мин 19 сек
2	-	1	15	3	19 сек
3	-	1	15	3	19 сек
4	-	1	15	3	19 сек
5	-	1	15	3	19 сек
6	-	1	15	3	19 сек
7	-	1	15	3	19 сек
8	-	1	15	3	19 сек
9	-	1	15	3	19 сек
10	-	1	15	3	19 сек
				Среднее время	49 сек

В итоге проведенная оптимизация бизнес-процесса по критерию уменьшения времени обработки чертежей ускорила его практически в 6 раз, исключив человеческий фактор и позволив увеличить количество обрабаты-

ваемых чертежей без покупки дополнительного оборудования и найма новых сотрудников.

Библиографический список

1. Черноруцкий, И.Г. Методы оптимизации. Компьютерные технологии / И.Г. Черноруцкий. - СПб.: ВНУ, 2011. - 384 с.
2. Белов Г.В. Штриховое кодирование: технологии XXI века. - Москва: Металлургия.

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ

Спиридонов В.В., Михайлова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Материалы многих международных конференций в области современных средств обучения фиксируют рост спроса на использование имитационных моделей, для обучения сотрудников в областях промышленности и энергетики. При этом на данный момент не проводилось большого количества исследований об эффективности применения так называемых «компьютерных средств обучения». В данной статье будут рассмотрены преимущества и недостатки использования имитационных моделей для обучения сотрудников и стажеров на производстве.

Ключевые слова: автоматизация, автоматизированное производство, управление, моделирование, модель.

Тренажеры для обучения персонала в том или ином виде существуют достаточно давно. Они могут различаться как по функционалу, так и по исполнению. Компьютерные обучающие программы, механические тренажеры или даже тренажеры с использованием VR-шлемов.

Оценивая использование имитационных моделей в качестве тренажеров, можно отметить то, что их использование не регламентируется, как следствие использоваться они могут по-разному или не использоваться вообще.

В учебных заведениях вообще наблюдается высокое разнообразие взглядов преподавательского состава на использование тренажеров. Так некоторые считают введение оных необходимостью, другие могут считать подобное полностью ненужным.

Исходя из вышесказанного провести полностью обоснованный анализ эффективности использования тренажеров весьма сложно.

Из-за того, что доказательства эффективности тренажеров, построенных на имитационных моделях, отсутствуют, появляется ситуация, характеризующаяся очень медленным распространением тренажеров как на про-

мышленном производстве, так и в образовании. Подробно рассмотрим каждую из них. [2]

1. Компьютерные тренажеры и имитационные модели зачастую вызывают ассоциации с компьютерными играми, а как следствие у преподавателя и руководства появляется мнение о том, что это не может быть обучением.

По поводу данной причины можно привести примеры как даже некоторые компьютерные игры, изначально непредназначенные для тренировок позже начинали использовать для обучения. Чаще всего это касается авиасимуляторов, например «X-Plane от компании Laminar Research.» [3]

К тому же стоит отметить, что игровая форма обучения имеет свои преимущества, так как, обучаясь «в игре», человек лучше запоминает все данные, это происходит вследствие того, что человек начинает получать удовольствие от обучения и сам погружается в учебный процесс [4].

2. Отсутствие опыта в эксплуатации имитационных моделей ведет к излишней осторожности и опасениям при внедрении и использовании в обучении имитационных моделей.

Данная причина всегда свойственная любому прогрессу. Введение новых технологий всегда сопровождается опасениями и осторожностью.

3. Из вышеназванной причины вытекает другая. Так как имитационные модели не внедрены в процесс обучения их мало кто исследует и анализирует, а как следствие никто не может заявить о их эффективности или напротив неэффективности. Чем больше будет появляться имитационных моделей в учебном процессе, тем больше по данной теме будет выходить различных статей и тем больше будет аналитики по поводу того насколько эффективно применение тренажеров в обучении.

4. Несмотря на то, что использование тренажеров вместо реальных объектов для обучения снижает риск возникновения чрезвычайных происшествий на производстве, руководство не готово тратить на введение тренажеров, так как это будет вызывать дополнительные затраты на обучение.

Важно понимать, что потери от аварии из-за ошибок управления будут значительно перекрывать затраты на обучение, а поэтому тренажеры несут в себе выгоду.

5. Еще возникает проблема того, что руководству не всегда напрямую видна взаимосвязь между образованием персонала и эффективностью самого производства.

Статистика указывает на рост использования имитационных моделей в обучении на 8-9 %, что свидетельствует о том, что в мире их востребованность увеличивается, но в России этот процент намного ниже [2].

Для увеличения распространенности тренажеров, представляющих собой имитационные модели в образовании и на промышленном производстве, необходимо представить обоснование целесообразности использования данных тренажеров. Для этого рассмотрим следующие факторы:

1. Снижение стоимости обучения, за счет того, что тренажеры могут заменять использование реальных объектов или лабораторий хотя бы ча-

стично, а так же удешевляют процесс аттестации и сертификации.

2. Снижение рисков при обучении. Использование тренажеров намного безопаснее, чем обучение на реальном объекте. Поэтому если стажер не будет допускаться до реального объекта до тех пор, пока не пройдет аттестацию на тренажере, это должно повысить безопасность.

3. Повышение эффективности охраны труда и промышленная безопасность.

Наиболее характерными причинами аварий и инцидентов, согласно отчетам комиссий Ростехнадзора, являются:

–слабые знания персонала относительно требований безопасности ведения работ;

–недостаточная подготовленность (психологическая и квалификационная) персонала;

–недостаточная эффективность обучения и инструктажа персонала по вопросам безопасности;

–несогласованные и ошибочные действия персонала в условиях чрезвычайной ситуации;

Частично вышеперечисленные причины можно отработать с помощью имитаторов, что повысит эффективность труда и промышленную безопасность.

4. Ускорение обучения

Использование имитационных моделей позволяет ускорить обучение за счет следующих факторов:

- Подготовка оборудования. Зачастую подготовка оборудования может занимать десятки минут, подготовка имитатора в то же время занимает 1-2 минуты.

- Потоковое обучение. При использовании тренажеров, процесс обучения можно проводить для большого количества обучающихся.

- Возможность обучения еще досоздания объекта. Так, например, на промышленном предприятии будет проводиться модернизация и замена оборудования. А персонал можно начать обучать прямо во время модернизации, в итоге к моменту окончания работ, сотрудники уже будут иметь некое количество знаний и навыков, необходимых для работы с новым оборудованием.

Несмотря на приведенные выше высказывания не все идеально с имитационными тренажерами, и они имеют некоторые недостатки. Основным недостатком является проблема «знаний» и «умений». Под «знанием» обычно подразумевается теоретическая информация, например информация о технике безопасности, о процессах протекающих в конкретном агрегате или о технологическом процессе на производстве. Под «умением» обычно подразумеваются практические навыки, которые невозможно получить не отработав их. Обучаясь на тренажерах человек получает знания в полной мере, но вместо полноценных умений он получает лишь теоретические умения. Так,

например, человек может знать всю теоретическую подоплеку, все технические процессы и отработать все на тренажере, но выйдя на производство столкнуться со сложностями, так как его моторные функции еще не привыкли к реальному объекту. Таким образом возникает важная проблема применения имитационных моделей: отсутствие навыков.

Библиографический список

1. Муха В. С. Вычислительные методы и компьютерная алгебра: учеб.-метод. пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск: БГУИР, 2010.- 148 с.: ил, ISBN 978-985-488-522-3, УДК 519.6 (075.8), ББК 22.19я73, М92
2. Имитаторы для обучения персонала. Плюсы и минусы // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/508478/> (дата обращения: 05.04.2023).
3. Можно ли научиться летать по видеоиграм // Ведомости URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2018/08/17/778460-letat-po-videoigram> (дата обращения: 05.04.2023).
4. 5 основных преимуществ игрового обучения // Антитренинги URL: <https://antitreningi.ru/info/e-learning/igrovoe-obuchenie/> (дата обращения: 05.04.2023).
5. Хемди А. Таха Глава 18. Имитационное моделирование // Введение в исследование операций = Operations Research: An Introduction. - 7-е изд. - М.: «Вильямс», 2007. - С. 697-737. - ISBN 0-13-032374-8

УДК 004.85

КОНЦЕПЦИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ЧЕЛОВЕКА В СООТВЕТСТВИИ С ВЫЯВЛЕННЫМ ТИПАЖОМ МВТИ

Рожков Р.С., Бабичева Н.Б

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: roman141999@mail.ru*

В данной статье рассматривается основная концепция работы искусственной нейронной сети для анализа результатов деятельности человека в соответствии с выявленным типажом МВТИ и последующего повышения эффективности ведения тайм-менеджмента. Предложен и реализован подход мультиклассовой классификации типа МВТИ с использованием нейронной сети LSTM.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, LSTM, мультиклассовая классификация, тайм-менеджмент, МВТИ.

Современный образ жизни требует от людей умения эффективно планировать свое время и контролировать свою деятельность. Одним из методов, позволяющих повысить эффективность тайм-менеджмента, то есть способность человека осознанно распределять свое время и ресурсы для дости-

жения поставленных целей, является использование методологии MBTI (Myers-Briggs Type Indicator), которая основывается на классификации личности человека по 16 типам. Каждый тип личности имеет свои сильные и слабые стороны, а также предпочтения в общении, планировании и принятии решений. Определив свой тип личности, можно выделить для себя только те методы планирования, которые наиболее подойдут для эффективного способа управления временем в соответствии с типом темперамента. Например, типу NF – «Вдохновитель» наиболее подходит метод Франклина, долгосрочное планирование с помощью диаграммы Ганта, соблюдение принципов 80/20 и 60/40 [1], а типу SP – «Пожарник» наиболее подходит матрица Эйзенхауэра, система GTD, To do list [1]. Однако, ручное определение типа MBTI может быть трудоемким и не всегда точным. В этой статье представлена концепция использования искусственной нейронной сети для автоматизации определения типа MBTI и предложения в последующем подходящих методов тайм-менеджмента.

Искусственные нейронные сети – это математическая модель и ее программная реализация для моделирования поведения реальных биологических нейронных сетей. Искусственная нейронная сеть состоит из соединенных между собой искусственных нейронов с помощью синаптических связей. Искусственный нейрон принимает на вход набор входных сигналов и вычисляет по ним с помощью внутреннего математического аппарата выходной сигнал. Выходные сигналы нейронов передаются по аксонам следующему слою нейронов нейронной сети. Синаптические связи нейронной сети имеют весовые коэффициенты, обозначаемые с помощью которых, подобно поведению биологической нейронной сети, возможно выполнять ослабление или усиление сигнала, передающегося по данным связям [2].

Характерной чертой искусственной нейронной сети является способность к самообучению при помощи корректировки весовых коэффициентов синаптических связей, что позволяет использовать нейронные сети для решения сложных задач, в том числе в области анализа тайм-менеджмента.

Разрабатываемая нейронная сеть будет анализировать поведение и результаты человека при его деятельности в зависимости от его типа личности по MBTI и предлагать ему оптимальные методы тайм-менеджмента, корректируя процессы планирования.

Рассмотрим далее подробно концепцию работы ИНС для анализа результатов работы человека в соответствии с выявленным типажом MBTI. Архитектура классификации психотипов по речевому поведению человека представлена на рисунке 1 и включает в себя такие элементы, как: датасет (dataset), необходимый для обучения прототипа нейронной сети; вектор \mathbf{P}_j , характеризующий классы текстов; метки классов \mathbf{m}_i – 16 типов MBTI; алгоритм машинного обучения и прогнозирующая модель.

Для обучения модели используется первичный датасет, найденный на популярной платформе для соревнований по Data Science от Google – Kaggle, состоящий из более 8600 записей. Датасет представляет собой данные, со-

бранные через иностранный форум PersonalityCafe, посвященный всем типам личности и людям. Содержимое набора данных состоит из двух признаков:

- **Type**: четырехбуквенный идентификатор MBTI из 16 типов личности;

- **Posts**: Набор различных текстовых сообщений, комментариев людей из личных постов в социальных сетях. Каждый набор состоит из последних 50 постов, которые они опубликовали.

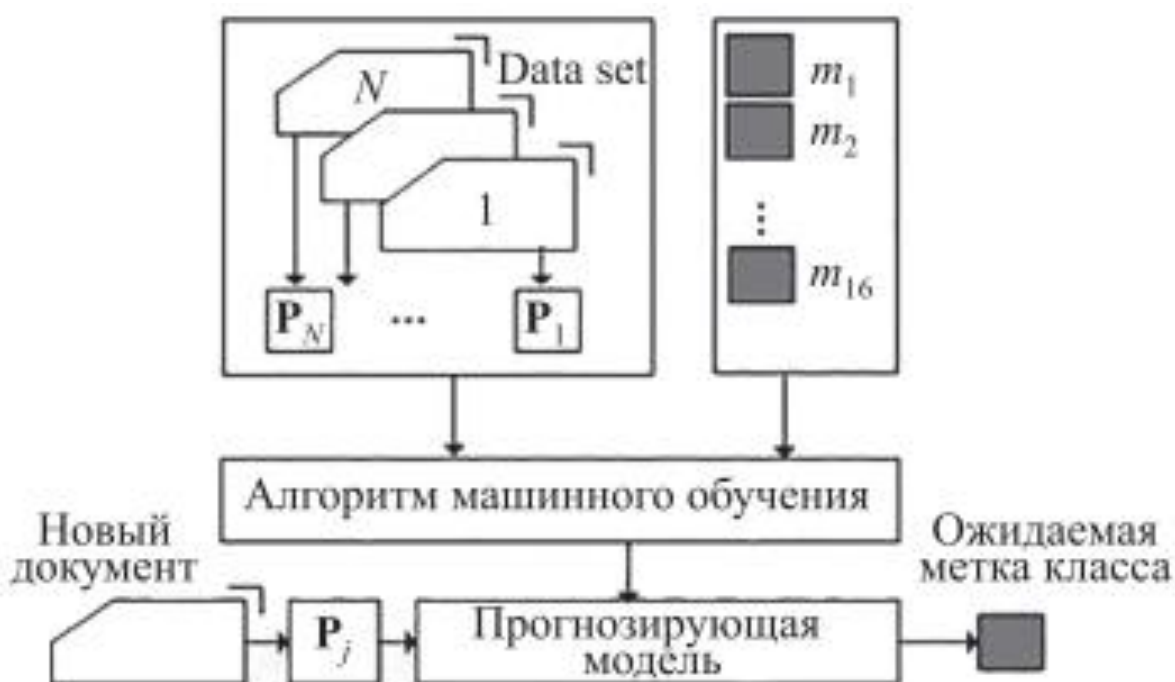


Рисунок 1 – Архитектура классификатора типов личности

Для создания модели искусственного интеллекта используется рекуррентная нейронная сеть (RNN) с архитектурой LSTM (Long Short-Term Memory), необходимая для обработки естественного языка – текстовой информации. LSTM-сети широко применяются для анализа текста и показывают высокую точность в таких задачах, как распознавание речи, понимание естественного языка, анализ тональности текста и категоризация текстов по тематикам.

Выбор LSTM-сети обосновывается главной идеей, благодаря которой LSTM-сеть может запоминать состояние и сохранять информацию на протяжении многих временных шагов, а следовательно, обеспечивать течение градиентов по времени за счет ячеек памяти и вентиляей [3].

Используя первичный датасет, наша модель будет учиться предсказывать тип MBTI пользователя на основе его текстовых записей. Перед обучением модели формирование вектора текста будет проходить через несколько этапов. Сначала применим техники препроцессинга данных (Data preparation): фильтрация – очистка от лишних и бесполезных слов, стоп-слов; нормализация – преобразование всех букв в нижний регистр, удаление

лишних пробелов и знаков пунктуации; лемматизация – приведение слов к начальной форме или корню; токенизация – разбиение текста в список слов (токенов).

Затем пойдет преобразование текстовых записей в числовые машиночитаемые вектора, используя метод векторизации (представления) текста TF-IDF (Term Frequency – Inverse Document Frequency). Для кодировки меток послужит алгоритм Binary Encoder, необходимый для представления типов MBTI в двоичном виде (например, тип ISTJ примет вид 0000, а ISTP – 0001). После подготовки данных вектора передадутся в LSTM-сеть для обучения и обработки.

В качестве алгоритма машинного обучения используется метод мультиклассовой классификации с использованием библиотеки Keras – высокоуровневого API, работающего поверх TensorFlow. В контексте машинного обучения классификация относится к обучению с учителем. Такой тип обучения подразумевает, что данные, подаваемые на входы системы, уже помечены, а важная часть признаков уже разделена на отдельные категории или классы. Поэтому сеть уже знает, какая часть входов важна, а какую часть можно самостоятельно проверить.

Для оценки качества модели применяется метрика точности (accuracy) и проводится кросс-валидация модели по среднему арифметическому и стандартному отклонению для проверки ее стабильности и избегания переобучения. В качестве функции потерь используется категориальная перекрестная энтропия (`sparse_categorical_crossentropy`), которая сводит различие между фактическими и предсказанными значениями к единственному числу, то есть выражает близость нейронной сети к идеалу, ради которого она обучается [3]. Для оптимизации алгоритма применяется ADAM.

Гиперпараметры для алгоритма обучения подобраны экспериментальным путем: число загружаемых в одном пакете записей (`batch_size`) – 512, количество проходов по всему набору данных в процессе обучения (`epochs`) – 5, размер LSTM-слоя (`lstm_size`) и длина встроенного вектора (`embedding_vector_length`) – 32, функция активации – softmax для мультиклассовой классификации. Все корпуса текстов разделены случайно по количеству записей на два множества: обучающее и тестовое в соотношении 70:30 % соответственно.

В итоге была получена модель, которая может предсказывать тип MBTI пользователя на основе его текстовых записей. В ходе обучения LSTM-модели получена точность равная 60,9 %. На рисунке 2 представлены график функции потерь, при котором видно, что значение loss снижается, как для тренировочных данных, так и для тестовых данных, что говорит об отсутствии переобучения, и график изменения точности, на котором заметно, что точность тестовых данных несколько лучше тренировочных.

В дальнейшей перспективе работу нейронной сети можно и нужно улучшить путем сбора нового датасета на основе статистических релевантных показателей деятельности человека, оказывающие значимый вес при

определении типа МВТИ, и произвести новое обучение нейронной сети. Помимо прочего можно применить иные методы представления (векторизации) текста, используя модели Word2Vec, GloVe или же более мощную – BERT, способную учитывать контекст.

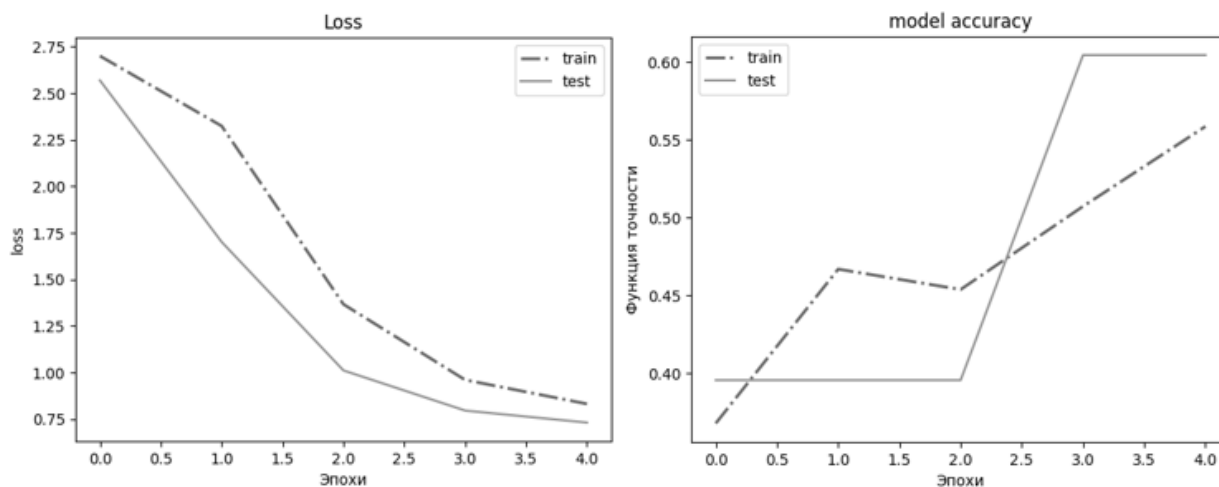


Рисунок 2 – Графики функции потерь и функции точности

Таким образом, разработанная в данной работе искусственная нейронная сеть для анализа результатов деятельности человека в соответствии с выявленным типажом МВТИ имеет большой потенциал в области тайм-менеджмента и может быть использована для улучшения производительности и эффективности работы людей.

Библиографический список

4. b17.ru [Электронный ресурс]: Сайт психологов – Краснодар, 2009 – Режим доступа: <https://www.b17.ru/article/6739/?ysclid=l29tuubemq> – Загл. с экрана.
5. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python : руководство для специалистов по работе с данными. : Пер. с англ. – М. : Вильямс, 2017. – 480 с. – ISBN 978-5-9908910-8-1.
6. Паттерсон, Д. Глубокое обучение с точки зрения практика / Д. Паттерсон, А. Гибсон. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 418 с. – ISBN 978-5-97060-481-6.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ

Аксенов О.Р., Михайлова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ax.oleg.00@mail.ru*

В данной статье рассмотрены технологии глубокого обучения для автономных роботов, такие как алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей (CNN), рекуррентных нейронных сетей (RNN), глубокого усиленного обучения (DRL). Эти алгоритмы позволяют автономным роботам извлекать информацию из своих окружений, анализировать ее и принимать решения на основе этой информации. В данной статье рассмотрены примеры использования технологий глубокого обучения в различных областях автономных роботов, таких как навигация, управление, восприятие и манипуляция.

Ключевые слова: роботехника, мобильные роботы, автономные роботы, глубокое обучение.

Сегодня автономные роботы становятся все более популярными и востребованными в различных областях, таких как производство, медицина, автомобильная и космическая промышленность. Однако, чтобы автономные роботы могли работать эффективно и безопасно, им необходимо иметь возможность принимать решения на основе собственных наблюдений, опыта и анализа окружающей среды.

Для решения этой проблемы и превращения автономных роботов в полноценных участников взаимодействия с людьми и окружающей средой, в настоящее время все чаще используются технологии глубокого обучения.

Глубокое обучение (deep learning) — это подраздел машинного обучения, основанный на использовании нейронных сетей с большим числом скрытых слоев для анализа и обработки данных. Оно позволяет решать задачи, связанные с обработкой больших объемов данных, распознаванием образов, классификацией и прогнозированием.

Среди наиболее популярных алгоритмов глубокого обучения, применяемых для автономных роботов, можно отметить следующие:

- Сверточные нейронные сети (CNN), которые позволяют роботам обрабатывать и классифицировать изображения в реальном времени.
- Рекуррентные нейронные сети (RNN), которые используются для обработки последовательностей данных, таких как речь или музыка.
- Глубокое усиленное обучение (DRL), которое используется для обучения роботов принятию решений в неопределенных ситуациях.

Одним из примеров применения глубокого обучения в автономных роботах является навигация в неизвестных средах. Робот может использовать камеры и другие сенсоры для получения информации о своем окружении и

создать карту этой среды. Затем он может использовать глубокое обучение для планирования маршрутов и управления своими действиями на основе этой карты.

В таблице 1 приведены примеры применения технологий глубокого обучения для автономных роботов.

Таблица 1 – Примеры применения технологий глубокого обучения для автономных роботов.

№	Задача	Описание	Примеры технологий глубокого обучения
1	Объектное распознавание	Распознавание объектов на изображениях и видео, в том числе распознавание лиц и навигация по окружающей среде	CNN, R-CNN, YOLO
2	Стабилизация и управление	Обеспечение стабильности и безопасности движения робота, управление его движениями в реальном времени	DDPG, DQN, SAC
3	Системы навигации и местоположения	Определение местоположения робота в пространстве и планирование его маршрута	SLAM, LSTM, GAN
4	Автоматическая калибровка и настройка	Автоматическая настройка параметров робота для оптимального выполнения задачи	GA, PSO, ES
5	Генерация и управление поведением	Генерация управляющих сигналов для робота на основе его окружающей среды и целей	DDPG, LSTM, GAN

При помощи технологий глубокого обучения автономные роботы могут решать следующие задачи:

1. Обнаружение и классификация объектов.

Одной из важнейших задач автономных роботов является обнаружение и классификация объектов в окружающей среде. Для этого используются сверточные нейронные сети (CNN). Одно из исследований (J. Redmon et al., 2016) показало, что сверточные нейронные сети можно использовать для обнаружения объектов на изображениях с точностью более 90 %. В качестве примера можно привести систему распознавания лиц, используемую в банкоматах.

2. Навигация и планирование движения.

Для автономных роботов важным является определение оптимального маршрута и планирование движения. Для решения этой задачи используются рекуррентные нейронные сети (RNN) и генеративно-сопоставительные сети (GAN). Одно из исследований (N. Rhinehart et al., 2018) показало, что генеративно-сопоставительные сети можно использовать для планирования траекто-

рии движения робота с точностью до 80 %.

3. Управление и контроль.

Для того чтобы робот мог выполнять свои задачи, ему нужно управлять своими действиями и контролировать свое окружение. Для этого роботы используют технологии глубокого обучения, которые позволяют им обучаться на большом объеме данных и принимать решения на основе полученных знаний. Глубокое обучение является одной из наиболее перспективных областей искусственного интеллекта, которая позволяет роботам выполнять более сложные задачи, такие как навигация в неизвестных средах, распознавание объектов и людей, планирование маршрутов и многое другое.

Одним из наиболее широко используемых подходов в глубоком обучении для автономных роботов является обучение с подкреплением. Этот подход позволяет роботу учиться, как принимать оптимальные решения в различных ситуациях, путем обучения на основе опыта.

Также существуют технологии глубокого обучения для обработки видео и изображений, такие как сверточные нейронные сети, которые позволяют роботам распознавать и классифицировать объекты на изображениях, а также сегментировать изображения на части для дальнейшего анализа.

В области навигации и позиционирования, глубокие нейронные сети могут использоваться для решения задач определения местоположения, картографирования и планирования маршрутов. Например, одним из методов является использование глубоких нейронных сетей для создания карт, которые робот может использовать для навигации и определения своего местоположения.

Технологии глубокого обучения также используются для создания систем управления роботами и прогнозирования их поведения. Например, глубокие нейронные сети могут использоваться для определения оптимального пути движения робота или для прогнозирования его поведения на основе обучения на основе опыта.

Одним из ключевых преимуществ глубокого обучения является способность моделировать сложные зависимости между входными данными и выходными результатами. Это позволяет роботам учиться на большом объеме данных, включая изображения, звук, текст, сенсорные данные и другие типы информации. Глубокое обучение также может быть использовано для создания алгоритмов обработки данных, которые позволяют роботам быстро анализировать и классифицировать информацию. Все это является мощным инструментом для достижения автономности роботов, помогает роботам обеспечить способность адаптироваться к новым ситуациям, учиться из опыта и улучшать свои действия с течением времени.

В целом, технологии глубокого обучения имеют широкий спектр применений в автономных роботах и позволяют им принимать более сложные решения в различных ситуациях. Однако, необходимо учитывать ограничения вычислительных мощностей и доступности данных для обучения, такие как необходимость большого количества данных для обучения, долгое время

обучения и сложность интерпретации результатов, чтобы глубокое обучение было эффективным и применимым на практике. Тем не менее, с постоянным развитием технологий глубокого обучения, мы можем ожидать, что эти ограничения будут устранены или значительно уменьшены в будущем.

Таким образом, технологии глубокого обучения имеют большой потенциал для использования в автономных роботах, и очень вероятно, что они будут играть все более важную роль в будущем развитии робототехники.

Библиографический список:

1. Панин А.А., Герасимов А.Н., Хачатрян А.Р. Обзор алгоритмов планирования движения мобильных роботов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2014. - Т. 6. - С. 157-163.

2. Крис Валенциано, Майкл Ма, Алистер Симпсон. "Глубокое обучение для автономных систем: обзор, проблемы и перспективы." Робототехника и автоматизация, том 25, № 3 (2020): 335-346.

3. Надия Фигуерето, Луис Перейра, Фабиано Франки. "Применение глубокого обучения в автономных роботах для навигации и управления." Второй международный симпозиум по электронике, электричеству и инструментальной технике (ISEEIT 2018).

4. Мохаммад Шамсул Арафат, Мухаммад Ракибул Ислам, Мухаммад Ашрафул Алам, Н. А. Шарафуддин. "Глубокое обучение для управления автономными роботами: анализ технологических трендов и реализация алгоритмов." Проблемы и перспективы в области информационных технологий (ICIT), 2018, 285-290.

5. Юань Лю, Лан Шу, Деци Мин. "Применение глубокого обучения в навигации автономных роботов на основе многоканальных датчиков." Международный журнал инноваций в науке, технологии и искусстве (IJISTA) 6, № 6 (2019): 85-89.

6. Ирина Петрова, Евгений Лисицын. "Глубокое обучение для управления роботами на базе данных машинного зрения." Второй международный форум "Интеллектуальные системы и технологии" (ISTF-2018).

7. Адам Кокшаров, Андрей Бакин, Ян Соколовский. "Обучение с подкреплением и глубокое обучение для автономного управления манипуляторами роботов." Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, том 19, № 4 (2019): 594-600.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ RTX-ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Блинов Р.В., Бычков К.В., Бабичева Н.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: roman_blinoff@vk.com*

В статье рассматривается анализ технических аспектов RTX-технологии и её влияние на развитие компьютерной графики. Особое внимание уделяется растеризации и основным шагам, связанных с внедрением NVIDIA трассировки лучей. Также обсуждаются проблемы, связанные с использованием RTX-технологии, такие как высокая стоимость оборудования, необходимость для разработчиков адаптироваться к новой технологии. В статье также рассматриваются перспективы развития RTX-технологии.

Ключевые слова: NVIDIA, RTX, технология, видеокарта, трассировка лучей, растеризация.

Технология RTX (Real-Time Ray Tracing) была представлена в архитектуре NVIDIA Turing в их графических процессорах GeForce RTX 20-й серии. Позже эта технология была использована и улучшена в архитектуре NVIDIA Ampere нового поколения и их видеокартах GeForce RTX 30-й серии. Их новые ядра RT (Ray Tracing) второго поколения способны обеспечить вдвое большую пропускную способность, чем их предшественники.

Технология трассировки лучей включает в себя передачу пучка лучей с камеры через 2D-изображение на экране в 3D-сцену, которая должна быть визуализирована. Лучи проходят через сцену, отражаются, проходят через полупрозрачные объекты и блокируются другими объектами, создавая соответствующие отражения, преломления и тени. Затем лучи возвращаются к источнику света со всеми этими данными, и сцена визуализируется. Эта технология требует очень высокой производительности. Для каждого пикселя на экране нужен луч, что может потребовать неоправданно больших вычислительных мощностей. Вместо этого, используется растеризация, которая создает почти реалистичное изображение без необходимости создавать миллионы лучей [1].

Растеризация – это технология, которая определяет, какие объекты будут видны на экране, а также где будут отбрасываться их тени и отражения. Для этого используются математические уравнения, и в основном является оценкой, а не реальной вещью. Одним из инструментов, используемых при растеризации, является Z-буфер (или буфер глубины), который отвечает за ось z. Визуализация объектов в сцене происходит путем размещения вершин (в форме треугольников или многоугольников) вдоль оси Z в соответствии с их расстоянием от буфера глубины (экрана или POV). Затем происходит удаление скрытых поверхностей, что позволяет существенно сократить вы-

числительную мощность. Наконец, для видимых объектов в сцене создаются различные эффекты, такие как тени, отражения, АО, и изображение визуализируется. В данном случае отсутствует трассировка лучей, и тени заранее встроены в сцену с использованием карт теней и математических вычислений для определения их размера и положения. Для отражений существует множество способов их визуализации, но два наиболее популярных – это кубические карты и отражения в пространстве экрана. При использовании кубических карт, сцена (текстура) обычно предварительно наносится на шесть граней куба и сохраняется в виде шести квадратных текстур или разворачивается в шесть квадратных областей одной текстуры [2]. Для создания окружающих теней используется аналогичный метод, называемый Screen Space Ambient Occlusion, но он также страдает от того же недостатка - тени объектов, не отображаемых на экране, не прорисовываются.

RTX от NVIDIA – это способ реализации трассировки лучей через DirectX12. Он использует компонент API для трассировки лучей DXR или DirectX. Основными шагами, связанными с внедрением NVIDIA трассировки лучей (RTX), являются:

- Преобразование лучей – это процесс, который не требует дополнительных пояснений. Лучи отбрасываются на сцену через пиксели, и учитываются только те, которые попадают на объект (полигон). Информация рассчитывается на основе этого луча по мере его достижения источником света, таких как расстояние объекта от экрана, возможные тени, отражения, преломления и т.д.

- Иерархия граничных объемов (BVH) используется для улучшения эффективности всего процесса трассировки лучей. Здесь все объекты на экране заключены в своего рода коробки, и затем лучи отбрасываются. Для остальной части процесса учитываются только блоки (то есть объекты, находящиеся внутри блоков), которые пересекаются лучами. Вместо того, чтобы создавать луч для каждого полигона (что может быть несколькими миллионами), для каждого объекта создается луч в иерархии граничных объемов (BVH). Процесс ускоряется благодаря RT Cores, которые присутствуют в видеокартах Turing от NVIDIA.

- Шумоподавление. Для каждого пикселя должен быть создан один или несколько лучей. Однако современные игры, использующие трассировку лучей, используют меньше лучей, чем идеальное количество (потому что мы еще не достигли такого уровня развития). Это может привести к размытию изображения. Чтобы устранить этот эффект размытия, используется технология шумоподавления. Она основана на сложных алгоритмах искусственного интеллекта, которые позволяют аппроксимировать цвет пикселя и избавиться от артефактов и некачественного размытия, как при увеличении масштаба. Это еще одна функция NVIDIA RTX, которая обеспечивает максимальную производительность и качество изображения при использовании трассировки лучей [3].

Несмотря на всё вышесказанное технология RTX далека от совершен-

ства. Одной из главных проблем является высокая стоимость оборудования. Даже базовая модель видеокарты с поддержкой RTX стоит значительно дороже, чем ее аналог без такой поддержки. Это делает ее недоступной для многих пользователей и разработчиков программного обеспечения. Другой проблемой является недостаток контента, который может использовать RTX-технологии на текущий момент. Несмотря на то, что некоторые новые игры и приложения начали поддерживать RTX, большинство популярных игр и программ еще не использует эту технологию. Это ограничивает ее применение и ограничивает спрос на оборудование, использующее RTX-технологии. Третьей проблемой является необходимость для разработчиков программного обеспечения адаптироваться к новой технологии. Это может потребовать больших усилий и затрат, поскольку это требует переписывания кода и тестирования новых функций. Некоторые разработчики могут отказаться от использования RTX-технологии, потому что им это необходимо, или же перейти на другие распространенные технологии, которые уже приняты в отрасли.

Однако, несмотря на эти проблемы, RTX-технология имеет много перспектив в будущем. Многие эксперты считают, что она станет широко принятой в отрасли и будет использоваться во многих играх и других приложениях, включая области виртуальной реальности и искусственного интеллекта.

Технические преимущества RTX-технологии очевидны: она позволяет быстро обрабатывать графику, создавать эффекты, которые ранее были невозможны, и улучшать общее качество визуализации. Это, в свою очередь, может стимулировать рост спроса на оборудование, поддерживающее эту технологию, и обеспечить большие возможности для поставщиков услуг, таких как разработчики игр и производители электроники.

Таким образом, развитие RTX-технологии может считаться одним из наиболее важных событий в области компьютерной графики и обработки изображений за последние годы. Однако, необходимо понимать, что у нее есть свои проблемы и препятствия на пути к полной реализации своего потенциала. Решение этих проблем может потребовать усиленной работы со стороны разработчиков и производителей.

Библиографический список

1. What Is RTX? - A Short Guide to Nvidia's Biggest Feature [Электронный ресурс]. - URL: <https://kommandotech.com/guides/what-is-rtx/>.
2. NVIDIA RTX Technology: Making Real-Time Ray Tracing A Reality For Games [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/news/nvidia-rtx-real-time-game-ray-tracing/>.
3. What is Ray-Tracing and How Does it Work? Are NVIDIA's RTX GPUs Worth It? [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.hardwaretimes.com/what-is-ray-tracing-and-how-does-it-work-are-nvidias-rtx-gpus-worth-it/>.

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА

Гасымов Р.Р., Качалкова К.И., Белавенцева Д.Ю., Рыбенко И.А.

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

В статье рассмотрена методика расчета теплового баланса кислородно-конвертерного процесса и представлена математическая модель баланса с учетом теплосодержания входных-выходных потоков, общего тепла химических реакций, протекающих в системе, а также потерь в окружающую среду.

Ключевые слова: кислородно-конвертерный процесс, математическая модель, тепловой баланс, потоки, энтальпия, тепловой эффект реакции.

Конвертерное производство является одним из ресурсоемких отраслей металлургии. Необходимость снижения материалоемкости конвертерной стали требует совершенствования традиционных схем производства с использованием новых современных методов моделирования, позволяющих определять оптимальные соотношения расходов шихтовых материалов [1].

В настоящее время при расчете шихтовки кислородно-конвертерной плавки используется упрощенная модель, основанная на уравнениях балансов тепла, кислорода, железа и основности шлака. Такая модель реализует последовательно уточняемый расчет, что не может обеспечить решение задачи по определению оптимальных расходов шихтовых материалов на плавку [2, 3]. Поэтому разработка комплексной математической модели расчета теплового баланса кислородно-конвертерного процесса является актуальной задачей.

Кислородно-конвертерный процесс является многомерным, нелинейным, нестационарным объектом с большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов и сопровождается сложным комплексом физико-химических превращений, протекающих в условиях твердых, жидких и газообразных сред при высокой температуре. В общем виде кислородно-конвертерный процесс можно представить в виде совокупности следующих стадий и подпроцессов: горение углерода, окисление компонентов чугуна, фазовые переходы, растворение элементов в жидком железе, испарение влаги шихты и шлакообразование [4].

Уравнения теплового баланса базируются на законе сохранения энергии в соответствии с уравнением (1)

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}} \quad (1)$$

С учетом теплосодержания входных-выходных потоков, общего тепла химических реакций, протекающих в системе, тепла от внешних источников, а также потерь в окружающую среду уравнение теплового баланса имеет вид, представленный уравнением (2).

$$\sum_{k=1}^K G_k \Delta H_k + \Delta H_{\text{х.р.}}^{\text{ЭКЗ}} = \sum_{l=1}^L G_l \Delta H_l + \Delta H_{\text{х.р.}}^{\text{ЭНД}} + Q_{\text{пот}}, \quad (2)$$

где $\Delta H_k, \Delta H_l$ – энтальпия единицы массы k -го входного и l -го выходного потоков относительно температуры 298К, кДж/кг;

K, L – общее количество входных и выходных потоков;

G_k, G_l – массы входных и выходных потоков соответственно, кг; кДж;

$Q_{\text{пот}}$ – тепловые потери в окружающую среду, кДж;

$\Delta H_{\text{х.р.}}^{\text{ЭКЗ}}, \Delta H_{\text{х.р.}}^{\text{ЭНД}}$ – тепловой эффект экзотермических и эндотермических химических реакций, кДж.

Основными статьями приходной части теплового баланса являются тепло жидкого чугуна, тепло экзотермических реакций окисления компонентов шихты газообразным кислородом и тепло реакций шлакообразования.

К расходной части теплового баланса относятся затраты тепла на нагрев металла, шлака, газа, затраты тепла на разложение карбонатов, испарение влаги и тепловые потери в окружающую среду.

Энтальпия единицы массы жидкого чугуна относительно $T = 298$ К определяется по формуле (3).

$$\Delta H_{\text{чуг}} = \sum_{m=1}^{N_{\text{чуг}}} (\Delta H_T^0)_m \frac{[R]_{m_{\text{чуг}}}}{M_{R_m}} / 100 \quad (3)$$

где $(\Delta H_T^0)_m$ – изменение энтальпии 1 моля m -го вещества жидкого чугуна при нагреве от 298 К до T_k , кДж/моль;

$R_{m_{\text{чуг}}}$ – концентрация вещества R_m в чугуне, %;

M_{R_m} – молярная масса вещества R_m , кг/моль;

$N_{\text{чуг}}$ – количество веществ в чугуне.

Тепловой эффект экзотермических реакций согласно формуле (4) определяется суммой тепловых эффектов реакций окисления железа, углерода и примесей чугуна.

$$\Delta H_{\text{х.р.}}^{\text{ЭКЗ}} = \sum_{w=1}^{W_{\text{ЭКЗ}}} \Delta H_w \quad (4)$$

где $W_{\text{ЭКЗ}}$ – число экзотермических реакций;

ΔH_w – тепловой эффект w -ой химической реакции, кДж.

Тепловой эффект w -ой химической реакции рассчитывается по формуле (5).

$$\Delta H_w = \Delta H_w^0 \Delta n_{R_w} \quad (5)$$

где ΔH_w^0 – стандартный тепловой эффект w -ой химической реакции;

Δn_{R_w} – количество молей вещества R , прореагировавшего в w -ой реакции.

Количество вещества, участвовавшего в реакции вещества R_w определяется по формуле (5) разностью его содержания во входных-выходных потоках.

$$\Delta n_{R_w} = \sum_{i=1}^L \frac{G_i R_{iw}}{100 M_{R_w}} - \sum_{k=1}^K \frac{G_k R_{kw}}{100 M_{R_w}} \quad (5)$$

Таким образом, тепловой эффект экзотермических реакций вычисляется по формуле (6).

$$\Delta H_{\text{экс.}} = \sum_{w=1}^{W_{\text{экс}}} \Delta H_w^0 \left(\sum_{i=1}^L \frac{G_i R_{iw}}{100 M_{R_w}} - \sum_{k=1}^K \frac{G_k R_{kw}}{100 M_{R_w}} \right) \quad (6)$$

К экзотермическим реакциям относятся также реакции шлакообразования, тепловой эффект реакций шлакообразования рассчитывается по формуле (7).

$$Q_{\text{шл.обр.}} = -G_{\text{шл}} (628 G_{(CaO)}^{\text{ББЭК}} + 1464 G_{(SiO_2)}^{\text{ББЭК}} + 4148 G_{(P_2O_5)}^{\text{ББЭК}}) \quad (7)$$

где $G_{(CaO)}^{\text{ББЭК}}$; $G_{(SiO_2)}^{\text{ББЭК}}$; $G_{(P_2O_5)}^{\text{ББЭК}}$) – количество соответствующих оксидов в шлаке, кг.

Энтальпию единицы массы металла, шлака и газа рассчитывается аналогично энтальпии единицы массы чугуна по формулам (8) - (10).

$$\Delta H_m = \sum_{n=1}^{N_m} (\Delta H_T^0)_n \frac{[R_n]}{M_{R_n}} / 100 \quad (8)$$

$$\Delta H_{\text{шл}} = \sum_{n=1}^{N_{\text{шл}}} (\Delta H_T^0)_n \frac{(R_n)}{M_{R_n}} / 100 \quad (9)$$

$$\Delta H_g = \sum_{n=1}^{N_g} (\Delta H_T^0)_n \frac{\{R_n\}}{M_{R_n}} / 100 \quad (10)$$

где $(\Delta H_T^0)_n$ – изменение энтальпии 1 моля n -го вещества при нагреве от 298 К до T_k , кДж/моль;

$[R_n]$, (R_n) , $\{R_n\}$, – концентрация вещества R_n в металле, шлаке и газе соответственно, %;

M_{R_n} – молярная масса вещества R_n , кг/моль;

N_m , $N_{\text{шл}}$, N_g – количество веществ в металле, шлаке и газе.

К эндотермическим реакциям относятся реакции разложения оксидов железа, разложения карбонатов и испарения влаги, суммарный тепловой эффект эндотермических реакций рассчитывается по формуле (11).

$$\Delta H_{\text{хр.}}^{\text{энд}} = \sum_{w=1}^{W_{\text{энд}}} \Delta H_w^0 \left(\sum_{l=1}^L \frac{G_l R_{lw}}{100 M_{R_w}} - \sum_{k=1}^K \frac{G_k R_{kw}}{100 M_{R_w}} \right) \quad (11)$$

С учетом вышеизложенного уравнение теплового баланса имеет вид.

$$\begin{aligned} & \sum_{m=1}^{N_{\text{чуг}}} (\Delta H_T^0)_m \frac{[R]^{m_{\text{чуг}}}}{M_{R_m}} / 100 + \sum_{w=1}^{W_{\text{экз}}} \Delta H_w^0 \left(\sum_{l=1}^L \frac{G_l R_{lw}}{100 M_{R_w}} - \right. \\ & \left. - \sum_{k=1}^K \frac{G_k R_{kw}}{100 M_{R_w}} \right) + Q_{\text{шлкобр.}} + Q_{\text{ист}} = \sum_{n=1}^{N_{\text{н}}} (\Delta H_T^0)_n \frac{G_n [R_n]}{100 \cdot M_{R_n}} + \\ & + \sum_{n=1}^{N_{\text{шл}}} (\Delta H_T^0)_n \frac{G_{\text{шл}}(R_n)}{100 \cdot M_{R_n}} + \sum_{n=1}^{N_{\text{г}}} (\Delta H_T^0)_n \frac{G_n \{R_n\}}{100 \cdot M_{R_n}} + \\ & + \sum_{w=1}^{W_{\text{энд}}} \Delta H_w^0 \left(\sum_{l=1}^L \frac{G_l R_{lw}}{100 M_{R_w}} - \sum_{k=1}^K \frac{G_k R_{kw}}{100 M_{R_w}} \right) + Q_{\text{пот}} \end{aligned} \quad (12)$$

Энтальпия вещества рассчитывается следующим образом.

$$\Delta H_T^0 = (H_T^0 - H_{298}^0) = \int_{298}^{T_{\text{ф.п.}}} (C_{p1}) dT + \Delta H_{\text{ф.п.}} + \int_{T_{\text{ф.п.}}}^T (C_{p2}) dT \quad (13)$$

где C_{p1} , C_{p2} – теплоемкость вещества до и после фазового перехода, кДж/моль;

$\Delta H_{\text{ф.п.}}^0$ – энтальпия фазового перехода, кДж/моль. При этом учитываются все фазовые переходы вещества при его нагреве до температуры T .

Уравнение для расчета теплоемкости вещества имеет по формуле (14).

$$C_p(T) = C_0 + C_{-1}/x + C_1 x + C_2 x^2 + C_3 x^3 \quad (14)$$

где $x = T/10000 \text{ K}$ – приведенная температура;

$C_0, C_{-1}, C_1, C_2, C_3$ – коэффициенты аппроксимационного уравнения для теплоемкости вещества.

С учетом этого уравнение зависимости теплоемкости от температуры T имеет вид.

$$C_p(T) = C_0 + C_{-1} \cdot 10^4/T + C_1 T/10^8 + C_2 T^2/10^{12} + C_3 T^3/10^{16} \quad (15)$$

$$\text{или } C_p(T) = c_0 + c_{-1}/T + c_1 T + c_2 T^2 + c_3 T^3 \quad (16)$$

где $c_0 = C_0$, $c_{-1} = C_{-1} \cdot 10^4$, $c_1 = C_1/10^8$, $c_2 = C_2/10^{12}$, $c_3 = \frac{C_3}{10^{16}}$.

С использованием формулы (17), получаем новое уравнение для расчета теплоемкости.

$$\Delta H_T^0 = \int_{298}^{T_{\text{ф.п.}}} ((c_0^2 + c_{-1}^2/T + c_1^2 T + c_2^2 T^2 + c_3^2 T^3)) dT + \Delta H_{\text{ф.п.}} + \int_{T_{\text{ф.п.}}}^T ((c_0^2 + c_{-1}^2/T + c_1^2 T + c_2^2 T^2 + c_3^2 T^3)) dT \quad (17)$$

После интегрирования получаем

$$\Delta H_T^0 = \left(c_0 \frac{T_{\text{к}}}{10^4} - c_{-1} \left(\frac{T_{\text{к}}}{10^4} \right)^{-1} + \frac{1}{2} c_1 \left(\frac{T_{\text{к}}}{10^4} \right)^2 + \frac{1}{3} c_2 \left(\frac{T_{\text{к}}}{10^4} \right)^3 + \frac{1}{4} c_3 \left(\frac{T_{\text{к}}}{10^4} \right)^4 \right) - \left(c_0 \frac{T_{\text{н}}}{10^4} - c_{-1} \left(\frac{T_{\text{н}}}{10^4} \right)^{-1} + \frac{1}{2} c_1 \left(\frac{T_{\text{н}}}{10^4} \right)^2 + \frac{1}{3} c_2 \left(\frac{T_{\text{н}}}{10^4} \right)^3 + \frac{1}{4} c_3 \left(\frac{T_{\text{н}}}{10^4} \right)^4 \right) + \frac{1}{3} c_2 10^{-11} (T_{\text{к}}^3 - T_{\text{н}}^3) + \frac{1}{4} c_3 10^{-15} (T_{\text{к}}^4 - T_{\text{н}}^4) \quad (18)$$

Расчёт теплового баланса производится на основе расчёта энтальпии приходной части. Поскольку температуру, отличную от 298 К, имеет только чугун, энтальпия приходной составляющей рассчитывается только для него.

Стоит отметить, что в модель заложен расчёт ещё одной категории расхода тепла, именуемой тепловыми потерями, которая определяется как 10% от общего прихода тепла.

Подобранные входные параметры состава шихтовых материалов, а также температур позволяют добиться равновесия приходной и расходной части тепла, что говорит о правильности подобранного температурного режима плавки для заданных

Разработанная математическая модель расчета теплового баланса реализована программно и позволяет проводить численные эксперименты по исследованию процесса и определению оптимальных условий реализации процесса.

Библиографический список

1. Рыбенко И. А. Применение методики и инструментальной системы расчета металлургических процессов для разработки теоретических основ ресурсосберегающих технологий [текст]: монография / И. А. Рыбенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – 187 с.

2. Упрощенный расчет плавки стали в кислородном конвертере [Текст]: (Учебное пособие) / Сост. проф. д-р техн. наук А. М. Бигеев, доц. канд. техн. наук В. Н. Селиванов ; Магнитогор. горнометаллург. ин-т им. Г. И. Носова. Кафедра металлургии стали. - Магнитогорск , 1967. - 32 с.

3. Бигеев А. М. Использование математической детерминированной термодинамической модели в управлении кислородно-конвертерным процессом / А. М. Бигеев, В. В. Байтман // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. – 2005. – № 4. – С. 84-87.

4. Рыбенко И. А. Разработка оптимальных технологических режимов получения металлов с использованием методов математического моделирования и инструментальных систем [текст] / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2018. - № 2. – С. 57 – 61.

АВТОНАЛИВАТОР НАПИТКОВ

**Шарапов Д.А., Лебедев К.Д., Шулов Н.О., Филимонов В.С.,
Топкаев С.К., Корнеев П.А., Кулебакин И.И., Корнеев В.А.**

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

В статье рассматриваются вопросы разработки и создания автоналивателя предназначенного для разлива напитков. Приводятся функциональная и электрическая принципиальная схемы устройства, а также смета реализуемого проекта.

Ключевые слова: автоналиватель, напитки, проект, аналоги, смета, компоненты, схема.

Автоналиватель представляет собой автоматического помощника бармена выполняющего функции разлива как алкогольных, так и безалкогольных напитков.

Предлагаемый автоналиватель напитков является проектом выполняемым обучающимися в процессе изучения дисциплины «Проектная деятельность» на кафедре электротехники, электропривода и промышленной электроники, института информационных технологий и автоматизированных систем СибГИУ.

Схема процесса разработки и реализации данного проекта представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема процесса разработки и реализации проекта

Известны аналоги проектируемого автоналивателя, приведенные на рисунке 2 [1].



а



б



в



г

Рисунок 2 – Аналоги проектируемого автоналивателя
(а – автоналиватель 6 деревянный; б – автоналиватель 7 деревянный PRO;
в – автоналиватель 11 в кейсе PRO; г – автоналиватель 12 деревянный)

Стоимость выше приведенных аналогов:

- автоналиватель 6 деревянный от 5800 руб.;
- автоналиватель 7 деревянный PRO от 9350 руб.;
- автоналиватель 11 в кейсе PRO от 11500 руб.;
- автоналиватель 12 деревянный от 4990 руб.

Разработанный автоналиватор включает в себя следующие составные компоненты (рисунок 3):

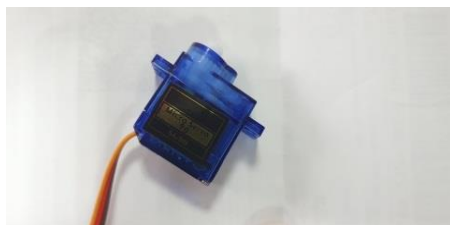
- микроконтроллер Arduino nano 3.0;
- 7-ми сегментный индикатор;
- сервопривод Tower Pro 9g (SG90);
- водяная помпа;
- зарядное устройство EM-828;
- светодиоды;
- драйвер DRV8833;
- энкодер.



а



б



в



г



д

д



е



ж



з

(а – микроконтроллер Arduino nano 3.0; б – 7-ми сегментный индикатор; в – сервопривод Tower Pro 9g (SG90); г – водяная помпа; д – зарядное устройство EM-828; е – светодиод; ж – драйвер DRV8833; з – энкодер)

Рисунок 3 – Составные компоненты автоналиватора

Таблица 1 – Смета реализуемого проекта

№ п/п	Наименование	Цена, руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
1.	Микроконтроллер Arduino nano 3.0	280	1	280
2.	7 сегментный индикатор	500	1	500
3.	Сервопривод Micro Servo 9g (SG90)	200	1	200
4.	Водяная помпа	600	1	600
5.	Зарядное устройство EM-828	260	1	260
6.	Светодиод	45	5	225
7.	Драйвер DRV8833	335	1	335
8.	Энкодер	70	1	70

Итог по смете проекта составляет 2470 рублей.

Техническая структура и электрическая принципиальная схема разработанного автоналиватора представлены на рисунках 4 и 5.

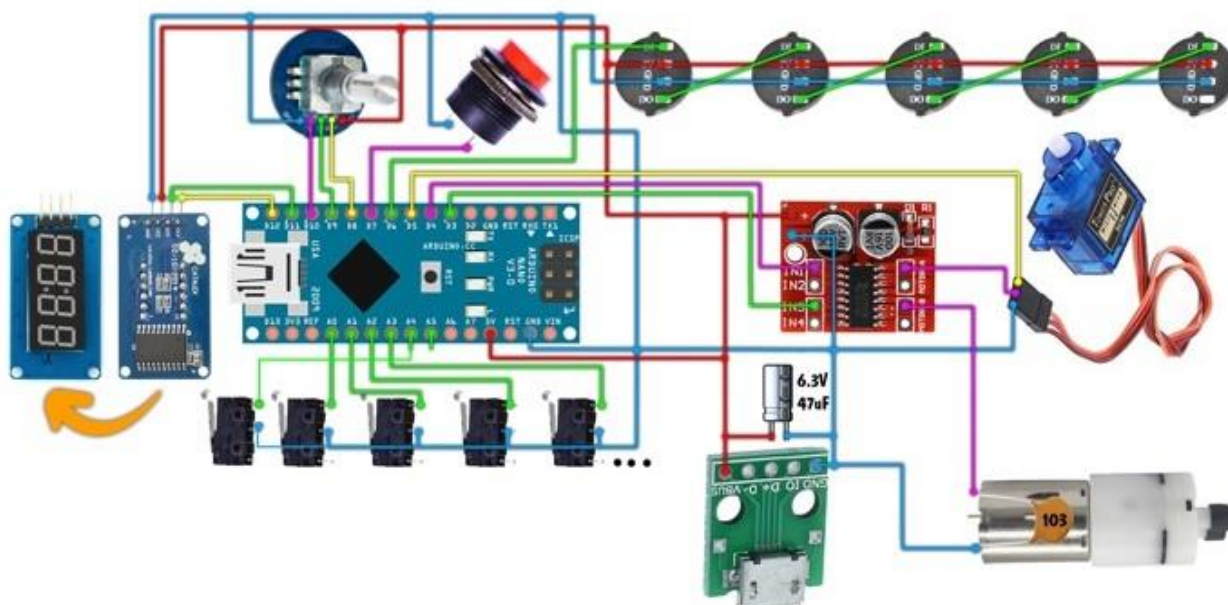


Рисунок 4 – Техническая структура автоналиватора

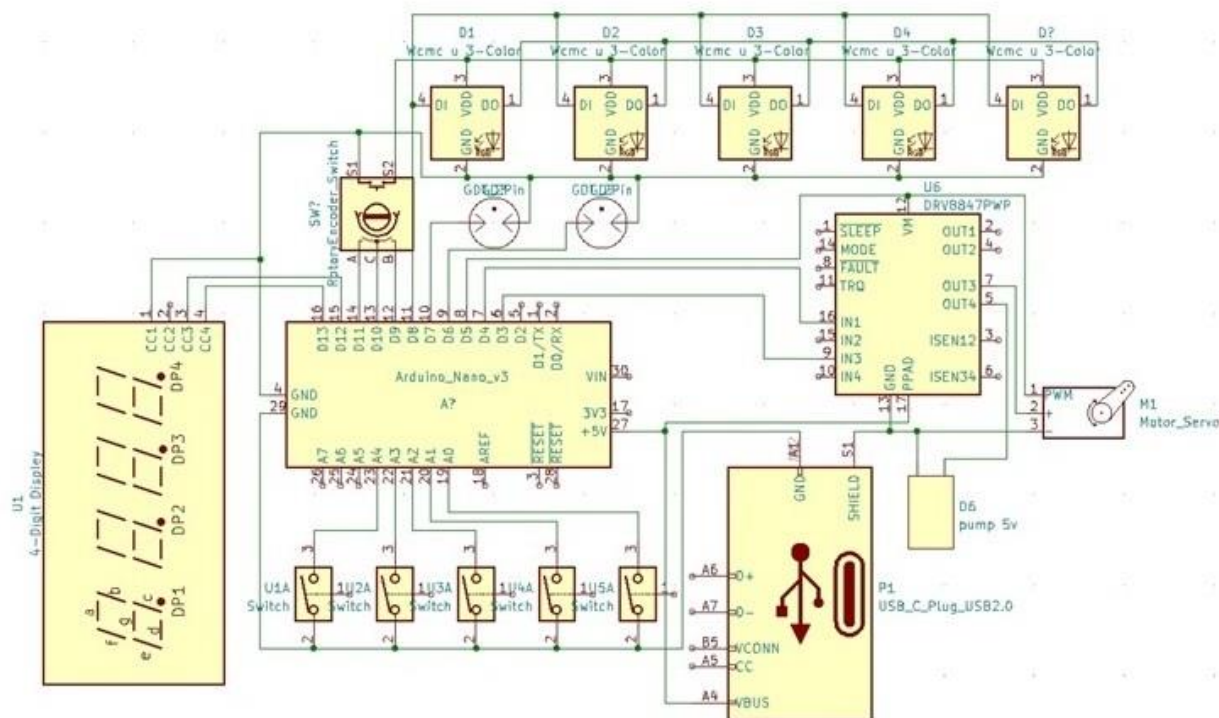


Рисунок 5 – Электрическая принципиальная схема наливателя

Общий вид разработанного автоналивателя приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Общий вид автоналивателя напитков

В процессе выполнения данного проекта обучающимися были получены новые навыки по специальности «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств». Разработанный автоналиватель имеет меньшую стоимость по сравнению с предлагаемыми на рынке аналогами.

Библиографический список

1. Интернет-магазин AVTONALIVATOR.RU [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – <https://avtonalivator.ru>, свободный (дата обращения: 05.04.2023).

УЧЕБНЫЙ МАКЕТ КОЗЛОВОГО КРАНА

**Куваков Н.О., Кузнецов В.К., Корнеев П.А.,
Кулебакин И.И., Корнеев В.А.**

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

В статье рассматриваются вопросы разработки и создания учебного макета козлового крана. Приводится электрическая схема макета, а так же комплектующие элементы макета.

Ключевые слова: козловой кран, учебный макет, комплектующие элементы, проект, мотор-редуктор, блок электропитания.

Козловой кран активно используется на различных производствах. Применение мостового крана позволяет перемещать грузы на расстояния в пределах производственных участков.

Известно [1], что механизмы для подъема и перемещения грузов применялись еще в древности. Самые первые из них – рычаги, катки, наклонные плоскости, позволяли перемещать грузы без промежуточных элементов. Слово кран произошло от английского слова crane, что в переводе означает журавль [2].

Учебный макет козлового крана является проектом выполняемый обучающимися в процессе изучения дисциплины проектная деятельность на кафедре электротехники, электропривода и промышленной электроники, института информационных технологий и автоматизированных систем.

Схема процесса разработки и реализации данного проекта приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема процесса разработки и реализации проекта

Макет козлового крана включает в себя следующие комплектующие элементы (рисунок 2):

- мотор-редуктор;
- кнопки управления;
- блок электропитания.



(а – мотор-редуктор; б – кнопка управления; в – блок электропитания)

Рисунок 2 – Комплектующие элементы макета

Общий вид макета и его электрическая схема представлены на рисунках 3 и 4.

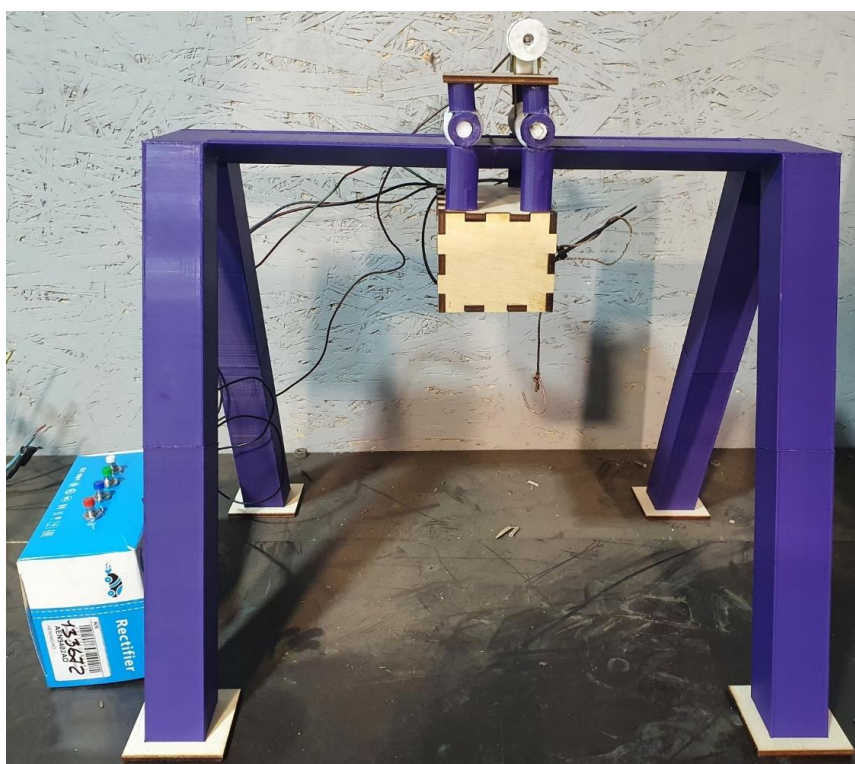


Рисунок 3 – Общий вид макета козлового крана

Предлагаемый макет наглядно показывает работу козловых кранов, то есть:

- перемещение грузовой тележки влево и вправо относительно опорных балок;
- перемещение грузозахватного устройства вверх и вниз.

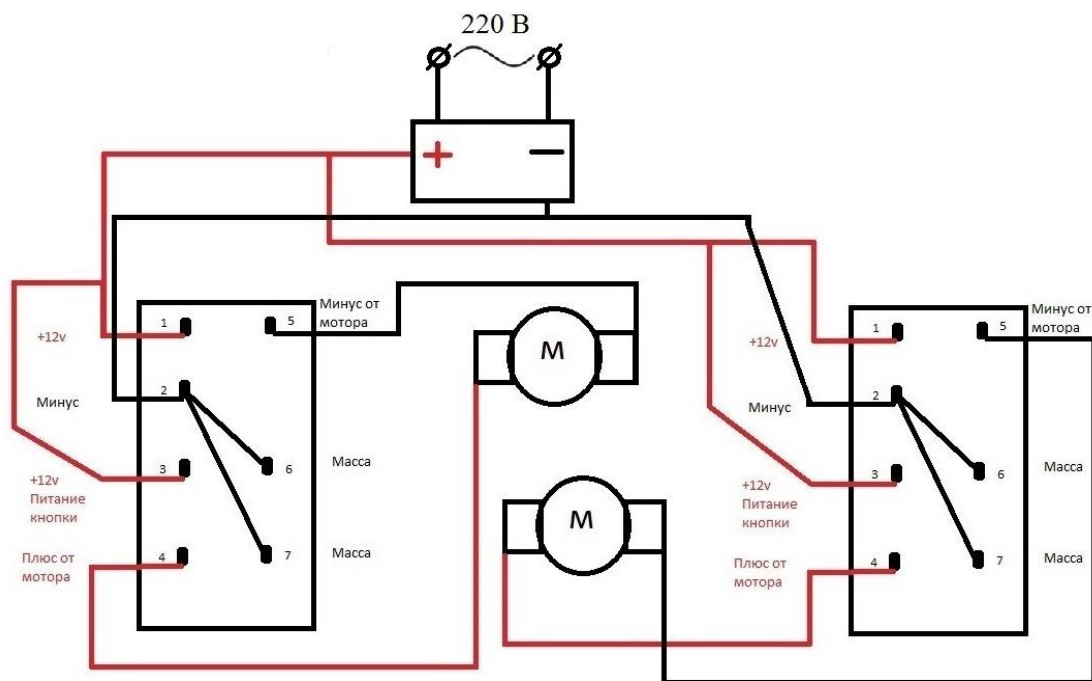


Рисунок 4 – Электрическая схема макета козлового крана

В процессе выполнения данного проекта обучающимися были получены навыки по специальности «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств».

Библиографический список

1. ПЕРМСКИЙ ЗАВОД ПРОМОБОРУДОВАНИЯ. Эволюция механизмов для перемещения грузов [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – <https://pzpo.ru/company/stati/7153/>, свободный (дата обращения: 29.03.2023).
2. АТЛАНТ. Завод грузоподъемного оборудования. [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – <https://zavodkranov.ru/blog/kran-cheloveku-drugili-interesnye-fakty-o-kranah/>, свободный (дата обращения: 29.03.2023).

УДК 004.021

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПРОГРАММНОГО ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Аксенов О.Р., Михайлова О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: ax.oleg.00@mail.ru*

В данной статье проведено сравнение различных типов алгоритмов планирования движения мобильных роботов, таких как алгоритм Дейкстры, алгоритм A*, волновой алгоритм и метод градиентного спуска. Эти алгоритмы позволяют оптимизировать маршруты движения роботов, повышать эффективность выполнения задач и уменьшать риск повреждения оборудования.

Ключевые слова: робототехника, мобильные роботы, алгоритмы планирования движения.

Мобильная робототехника — это область робототехники, которая занимается проектированием, разработкой и управлением движущихся роботов. Мобильные роботы используются во многих сферах: производстве; медицине; при автоматизации складов, транспортировке продукции и т.д.

Для эффективной работы мобильных роботов необходимы алгоритмы планирования маршрутов движения. Эти алгоритмы определяют оптимальный путь, который мобильный робот должен пройти, чтобы достигнуть целевой точки с минимальными затратами по времени и энергии.

Основные типы алгоритмов планирования траекторий движения для мобильных роботов перечислены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы алгоритмов

№	Тип алгоритма	Описание
1	Прямолинейный	Прямолинейный алгоритм позволяет мобильному роботу перемещаться по прямой линии от начальной до конечной точки.
2	Волновой	Волновой алгоритм используется для планирования движения в лабиринте. Робот обходит препятствия, следуя волнам.
3	Алгоритм A*	Алгоритм A* находит оптимальный путь в графе на основе оценки расстояния от текущей точки до конечной точки.
4	Алгоритм Дейкстры	Алгоритм Дейкстры находит путь с наименьшим расстоянием от начальной до конечной точки в графе.
5	Метод градиентного спуска	Метод градиентного спуска используется для планирования движения в пространстве с неровной поверхностью. Робот следует пути, определяемому градиентом функции.

Прямолинейный алгоритм планирования движения для мобильных роботов является одним из простых и эффективных подходов для достижения заданной цели. Он позволяет роботу двигаться в направлении цели по прямой линии без учета препятствий. Прямолинейный алгоритм можно реализовать на разных уровнях управления мобильным роботом, включая высокоуровневое планирование пути и низкоуровневое управление движением.

Волновой алгоритм — это алгоритм поиска пути, используемый в робототехнике и компьютерных играх для нахождения оптимального пути от начальной точки до целевой точки в сетке или графе с некоторыми препятствиями. Принцип работы алгоритма заключается в том, что он ищет путь, который минимизирует количество шагов от начальной точки до

целевой точки, двигаясь волнами из начальной точки к целевой. Каждая ячейка сетки помечается номером волны, соответствующим расстоянию от начальной точки. На каждом шаге алгоритм распространяет волны на все соседние ячейки, помечая их следующим номером волны, пока не достигнет целевой точки.

Алгоритм A^* (*A star*) является одним из наиболее распространенных алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе, используемых в мобильной робототехнике. Он является комбинацией алгоритмов поиска в ширину и поиска наилучшего сначала (Best-First Search). Алгоритм A^* был предложен в 1968 году Петером Хартом, Нилом Кортлендом и Бертеллом Рафаэлем.

Основная идея алгоритма A^* заключается в том, чтобы расширять сначала те узлы графа, которые наиболее вероятно приведут к целевому узлу. Для этого используется эвристическая функция, оценивающая расстояние от текущего узла до целевого узла. Эта функция позволяет оценить стоимость пути от начального узла до целевого, проходящего через текущий узел.

Алгоритм A^* можно описать следующим образом:

1. Создать два множества: открытый список и закрытый список.
2. Поместить начальный узел в открытый список.
3. Пока открытый список не пустой, повторять следующие шаги:
 - 3.1. Выбрать узел из открытого списка с наименьшей оценкой $f = g + h$, где g - стоимость пути от начального узла до текущего, h - эвристическая оценка расстояния от текущего узла до целевого.
 - 3.2. Поместить выбранный узел в закрытый список.
 - 3.3. Для каждого соседнего узла текущего узла:
 - Если соседний узел уже находится в закрытом списке, пропустить его.
 - Если соседний узел еще не находится в открытом списке, добавить его туда и вычислить для него значения g и h .
 - Если соседний узел уже находится в открытом списке, обновить для него значения g и h , если новые значения лучше.
 - Если целевой узел добавлен в закрытый список, построить путь от него к начальному узлу, используя информацию из списка родителей.

Алгоритм Дейкстры (*Dijkstra's algorithm*) – это алгоритм на графах, который позволяет найти кратчайший путь от одной вершины графа до всех остальных вершин. Алгоритм был разработан нидерландским ученым Эдсгером Дейкстрой в 1956 году.

Описание алгоритма:

- Создаем два списка вершин: список посещенных вершин и список непосещенных вершин. Изначально список посещенных вершин пуст, а в список непосещенных вершин добавляем все вершины графа.
- Устанавливаем начальную вершину и присваиваем ей значение 0.
- Для каждой вершины из списка непосещенных вершин вычисляем минимальное расстояние от начальной вершины. Это делается следующим

образом: для каждой соседней вершины вычисляем сумму веса ребра, соединяющего эту вершину с текущей, и значения расстояния от начальной вершины до текущей вершины. Если полученное значение меньше текущего значения расстояния до соседней вершины, то обновляем значение.

- После вычисления минимальных расстояний до всех соседних вершин выбираем из списка непосещенных вершин вершину с минимальным значением расстояния и переносим ее в список посещенных вершин.

- Повторяем шаг 3 и 4 для всех вершин из списка непосещенных вершин.

- После того, как мы посетили все вершины, находим кратчайший путь от начальной вершины до любой другой вершины, проходя по ребрам с минимальными весами.

Метод градиентного спуска – это численный метод оптимизации, который используется для нахождения локального минимума (или максимума) функции. Он основан на итеративном уменьшении значения функции путем изменения вектора параметров с определенным шагом в направлении, противоположном направлению градиента функции в данной точке.

Градиент целевой функции – это вектор, указывающий направление наибольшего возрастания функции в данной точке. Поэтому изменение параметров в направлении, противоположном градиенту, должно привести к уменьшению значения функции.

Алгоритм градиентного спуска выглядит следующим образом:

- Инициализировать вектор параметров x .
- Вычислить градиент целевой функции f в точке x .
- Изменить вектор параметров в направлении, противоположном градиенту, на определенный шаг α .

- Повторять шаги 2-3 до тех пор, пока значение функции не станет достаточно малым или не будет достигнут лимит числа итераций.

Сравнение алгоритмов планирования маршрутов движения для мобильных роботов может быть проведено по следующим критериям:

1. Полнота покрытия области:

- Волновой алгоритм - обеспечивает полное покрытие всей области, но может потребовать большого объема вычислений, если препятствия слишком плотно расположены.

- A^* - обеспечивает оптимальный путь до цели, но может сходиться в локальный минимум и не достичь цели.

- Прямолинейный алгоритм - быстрый, но не обеспечивает полное покрытие всей области.

2. Вычислительная сложность:

- Волновой алгоритм - требует больших вычислительных мощностей и памяти при больших размерах области.

- A^* - имеет более сложный алгоритм, но может работать более эффективно при правильном выборе эвристической функции.

- Прямолинейный алгоритм - имеет самую низкую вычислительную сложность.

3. Сложность реализации:

- Волновой алгоритм - легко реализуется и не требует большого количества опыта в программировании.

- A* - требует более сложной реализации и правильного выбора эвристической функции.

- Прямолинейный алгоритм - легко реализуется и может использоваться как простейший метод планирования движения.

4. Применимость к конкретным задачам:

- Волновой алгоритм - хорошо подходит для задач полного покрытия области, но может не быть оптимальным при необходимости достижения конкретной цели.

- A* - хорошо подходит для задач достижения конкретной цели, но может быть менее эффективным при полном покрытии области.

- Прямолинейный алгоритм - хорошо подходит для простых задач планирования движения.

Таким образом, каждый из алгоритмов имеет свои достоинства и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от поставленной задачи и условий ее выполнения.

Одним из наиболее популярных является алгоритм A*. Он используется для нахождения кратчайшего пути между двумя точками на карте, учитывая препятствия и другие ограничения. Алгоритм A* имеет высокую скорость работы и хорошо подходит для задач навигации мобильных роботов.

Метод градиентного спуска используется для оптимизации траектории движения робота с учетом заданных ограничений. Он может быть применен для решения задачи оптимального управления, а также для планирования движения в пространстве с ограниченной доступностью.

Волновой алгоритм используется для планирования маршрута движения робота в непрерывной среде с препятствиями. Является достаточно простым в реализации и хорошо подходит для решения задач, связанных с перемещением робота в неизвестной среде.

В целом, алгоритмы планирования движения являются одной из важных областей мобильной робототехники и постоянно развиваются. Новые алгоритмы и методы планирования движения появляются с развитием технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение. Использование современных алгоритмов планирования движения позволяет мобильным роботам работать более эффективно и точно выполнять поставленные задачи.

Библиографический список:

1. Панин А.А., Герасимов А.Н., Хачатрян А.Р. Обзор алгоритмов планирования движения мобильных роботов// Известия Тульского государственного университета. Технические науки.- 2014.- Т. 6.- С. 157-163.

2. Трушковский Ю. М., Гусев А. В. Анализ алгоритмов планирования движения мобильных роботов // Молодежный научно-технический вестник. - 2016. - № 9 (115). - С. 49-52.

3. Ковалев А.В., Проскурин А.А. Алгоритмы планирования движения роботов с учетом динамических ограничений // Известия вузов. Приборостроение. - 2016. - Т. 59. - № 10. - С. 716-721.

4. Свиридов А.Н., Агеев А.О., Маркин В.В. Обзор современных методов планирования траектории мобильных роботов // Промышленные технологии. - 2017. - Т. 14. - № 5. - С. 46-50.

5. Агеев А.О., Маркин В.В., Свиридов А.Н. Сравнительный анализ алгоритмов планирования траектории мобильных роботов // Вестник Волгоградского государственного технического университета. - 2018. - Т. 20. - № 5. - С. 92-98.

6. Михалкин А.В., Шишкин С.В. Обзор методов планирования движения мобильных роботов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2019. - № 5 (121). - С. 46-53.

7. Гайдук А.С., Курицын А.А., Григорьев А.Н. Обзор алгоритмов планирования движения роботов в реальном времени // Молодежный научный вестник. - 2019. - № 5 (32). - С. 56-60.

УДК 005.5:51

О ЦЕЛЯХ, ЗАДАЧАХ И ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ ОБОРУДОВАНИЯ

Прохоров И.М., Зимин А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: i.prohorov@inbox.ru*

В статье определены цели, показатели эффективности и описаны задачи процесса управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, а также связи процесса с другими бизнес-процессами предприятия, приведена структура системы управления ремонтом отдельного технического рабочего места.

Ключевые слова: техническое рабочее место (ТРМ), типы ремонтов, показатели технического состояния ТРМ, нормативно-регулирующие документы ТОРО, заказ ТОРО, функции управления, структура системы управления.

Техническое обслуживание и ремонт – комплекс технологических операций и организационных действий по поддержанию и восстановлению работоспособности или исправности технического рабочего места (ТРМ). Организация эффективного технического обслуживания и ремонта ТРМ – одно

из основных направлений повышения конкурентоспособности промышленного предприятия. От состояния оборудования зависят безопасность производства, технические и экономические показатели. Бизнес–процесс управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования (ТОРО) включает функции определения фактического состояния оборудования, планирования его ремонта, выполнения ремонта, учета выполненных работ, контроля и анализа исполнения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, а также регулирования. Бизнес-процесс «управление ТОРО» - поддерживающий процесс (в ходе процесса не создается добавочная стоимость, но обеспечиваются условия, без которых не могут исполняться производственные бизнес-процессы.).

Неисправное состояние оборудование приводит к дополнительным рискам и издержкам – простою оборудования, затратам на внеплановый ремонт, невыполнению производственных планов, штрафам от надзорных органов и прочим. Для предприятий со значительными производственными активами, затраты на техническое обслуживание и ремонт составляют весомую долю расходов, поэтому с экономической точки зрения, целесообразно снижать себестоимость продукции в том числе за счет снижения затрат на обслуживание и ремонт, при этом обеспечивая необходимый уровень эксплуатационной надежности.

Таким образом, бизнес - процесс «управление ТОРО» ориентирован на достижение эксплуатационной готовности технических рабочих мест, обеспечивающей выполнение плановых производственных заданий. К основным метрикам эффективности процесса могут быть отнесены следующие показатели:

- количество аварийных ремонтов (min);
- количество ремонтов с нарушением длительности проведения, приведших к невыполнению планов производства (min);
- количество ремонтов, планируемые сроки которых перенесены из-за необеспеченности ресурсами (min).

С целью минимизации издержек производства, процессы ТОРО должны быть оптимизированы, за счет:

- планирования мероприятий ТОРО с учетом ресурсов и условий на предприятии (в том числе ведение нормативных баз данных, статистической информации);
- снижения затрат на обслуживание морально и физически устаревшего оборудования за счет своевременной разработки и реализации программ по модернизации, реконструкции и техническому перевооружению;
- снижения уровня МПЗ (неликвидов, из-за некорректного планирования);
- сокращения номенклатуры используемых ТМЦ на основе унификации оборудования;
- снижения затрат на ТОРО на основе адекватной оценки реального состояния оборудования (исключение ремонтных работ на исправно работаю-

щем оборудовании, увеличение межремонтных периодов) за счет применения средств неразрушающего контроля, прогнозирования, статистических данных;

- повышения производительности труда ремонтного персонала;
- минимизации объема сверхурочных работ;
- оптимизации соотношения объемов работ, выполняемых внутренними и внешними подрядчиками.

Достижение обозначенных целей в рамках системы ТОРО обеспечивается путем решения следующих задач:

- обследование технического состояния оборудования:
 - визуальный контроль – оценка состояния оборудования службами эксплуатации;

- технический надзор - плановые инспекционные проверки состояния оборудования на предмет соответствия требованиям охраны труда и техники безопасности, промышленной безопасности, промышленной санитарии и защиты окружающей среды;

- надзор службами Госгортехнадзора, Госэнергонадзора – оценка состояния оборудования повышенной опасности, контроль над соблюдением правил технической эксплуатации, состоянием систем защиты и блокировок, строгим исполнением предписаний по планово-предупредительному обслуживанию и ремонту;

- инструментальная диагностика – оценка состояния оборудования и его остаточного ресурса с помощью стационарных и переносных инструментальных средств диагностики;

- планирование ТОРО:
 - планирование ТОРО при повреждениях;
 - планирование технического обслуживания, разработка и утверждение сметы затрат на текущее обслуживание;

- формирование годовой программы ремонтов – разработка и утверждение проектной документации, графиков ремонтов и сметы затрат на ТОРО;

- планирование текущих и капитальных ремонтов в рамках годового графика ремонтов и сметы затрат на ТОРО;

- формирование плана работ ремонтных цехов и подрядчиков, плана платежей ремонтным подрядчикам по заказам ТОРО;

- корректировка графиков ремонтов, заявок, смет затрат на ТОРО и плана платежей;

- организация и проведение ТОРО:
 - организация и контроль ежесменного технического обслуживания в соответствии с производственно-технологическими инструкциями;

- организация и контроль подготовительных мероприятий для проведения плановых ремонтов в соответствии с проектами проведения работ;

- вывод оборудования в ремонт. Остановка, подготовка и сдача оборудования ремонтному персоналу;
- организация и оперативный контроль проведения ремонтных работ;
- контроль над рациональным использованием трудовых и материальных ресурсов;
- прием, испытания и передача оборудования в эксплуатацию после ремонтов;
 - контроль и учет фактических результатов:
 - Контроль, учет выполнения работ;
 - Учет затрат на ТОРО;
 - анализ выполнения ТОРО:
 - анализ выполнения ремонтов, обеспечения материальными, трудовыми и финансовыми ресурсами, выполнения сметы затрат на ТОРО:
 - стимулирование:
 - персональное распределение функций и ответственности должностных лиц;
 - разработка и установление индивидуальных показателей для оценки деятельности должностных лиц;
 - оценка труда должностных лиц в соответствии с индивидуальными показателями.

Внешними факторами, определяющими и влияющими на процесс ТОРО, являются условия, нормы, требования, принципы. Такими факторами выступают нормативно-регулирующие документы, российское и международное законодательство, требования охраны труда и промышленной безопасности, локальные стандарты, процедуры и регламенты предприятия, потребности основных процессов предприятия, рыночные и экономические условия. Также внешним (входным) фактором является состояние обслуживаемых объектов.

Упрощенная структура системы управления процессами ТОРО отдельного технического рабочего места представлена на рисунке 1.

Проведение ТОРО опирается следующие варианты стратегий обслуживания:

- профилактическое обслуживание и ремонты (PM – Preventive Maintenance) (по регламенту),
- техническое обслуживание и ремонты по состоянию (Condition Based Maintenance – СВМ) (по мере необходимости с учетом соизмерения затрат на проведение работ и рисков их невыполнения),
- техническое обслуживание и ремонты по факту отказа (Run to Breakdown - RtB) (для объектов, отказ которых не вызывает существенных последствий, а проведение работ по восстановлению не затратное, либо проведение работ в чрезвычайной ситуации).

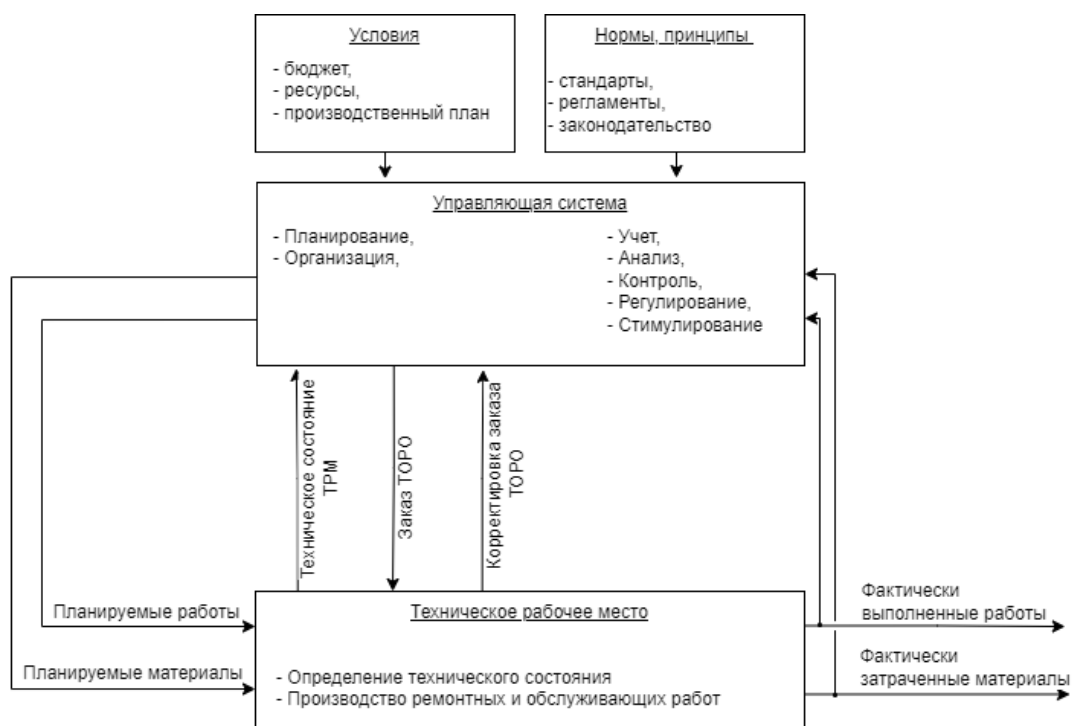


Рисунок 1 - Структура системы управления ТОРО отдельного ТРМ

Процесс ТОРО в иерархической структуре производства находится в подчинении процесса производства. Взаимосвязи бизнес – процесса РЕМОНТ со смежными бизнес-процессами представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Взаимосвязи бизнес-процесса ТОРО

Взаимосвязи смежных бизнес-процессов	Бизнес-процесс-исполнитель
Производство	
- Разработка графиков ремонтов	Ремонт
- Согласование и корректировка графиков ремонтов	Производство
Снабжение	
- Выдача заявок на ТМЦ	Ремонт
- Обеспечение ТМЦ процессов ТОРО	Снабжение
Управление затратами	
- Планирование потребностей для ТОРО	Ремонт
- Формирование сметы затрат на ТОРО	Управление затратами
- Планирование, учет, контроль и анализ затрат на ТОРО	Управление затратами
Финансы	
- Формирование плана платежей	Ремонт
- Выделение средств на ТОРО	Финансы
- Контроль ДКЗ	Финансы

К числу дополнительных целей управления процессом ТОРО относятся:
 - Снижение расходов на техническое обслуживание и ремонты;

- Снижение продолжительности простоев оборудования;
- Увеличение коэффициента готовности оборудования к работе;
- Сокращение количества аварийных и сверхурочных работ.

Библиографический список

1. Техническое обслуживание и ремонты оборудования. Решения НКМК-НТМК-ЕВРАЗ: учебное пособие / под ред. В.В. Кондратьева, Н.Х. Мухатдинова, А.Б. Юрьева. - Москва: ИНФРА-М, 2022. - 128 с. + CD-R. - (Управление производством). - ISBN 978-5-16-004039-4
2. Новиков, Д. А. Методология управления / Д. А. Новиков. – Москва : Либроком, 2011. – 129 с. – (Умное управление).
3. Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования : справочник / А. И. Ящура. - Москва : ЭНАС, 2017. - 504 с. - ISBN 978-5-4248-0048-1
4. Проект СТП ЗСМК Ремонт 2003 г.
5. Климова, Е.О., Бабкин, И. А., Проблемы снижения затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования (на примере металлургического предприятия) // *π-Economy*. 2019. №3.

УДК 004.896

МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Бычков К.В., Блинов Р.В., Бабичева Н.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kirill.bychkov@vk.com*

В статье рассматривается роль и применение искусственного интеллекта. Искусственный интеллект является одной из ключевых технологий, которая может значительно повысить эффективность управления и оптимизировать производственные процессы. В статье рассмотрены различные подходы к применению искусственного интеллекта, а также приведены примеры реализации этих подходов на современных предприятиях. Приведены методы сбора данных.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, методы сбора данных.

Одной из главных задач применения искусственного интеллекта является снижение риска ошибок, связанных с вмешательством человека в процесс. Технологии искусственного интеллекта могут помочь уменьшить влияние "человеческого фактора" на работу системы и повысить ее эффективность и надежность.

Искусственный интеллект, несмотря на свою мощь, иногда принимает решения, которые не соответствуют человеческой логике, и его качество

напрямую зависит от данных, на которых он обучается. Важно понимать, что ИИ не может гарантировать полную "безошибочность", но он может помочь уменьшить количество ошибок и снизить их влияние.

Сбор и хранение данных являются одной из важнейших проблем, с которыми сталкивается искусственный интеллект. [1]. Которые в дальнейшем используются для создания точных алгоритмов. Но не только количество данных имеет значение, также важно, чтобы данные были актуальными и соответствовали текущим требованиям. Некачественные данные могут вызвать сбои в работе системы, поэтому также важно уделять внимание их качеству и актуальности. Без достаточного количества и качества первичных данных, система искусственного интеллекта может работать неэффективно. Поэтому важно проводить регулярную проверку и обновление алгоритмов ИИ, чтобы улучшить его работу и минимизировать возможные ошибки. Если эта проблема решена, искусственный интеллект может быть применен в различных областях, таких как медицина, финансы, производство и транспорт.

Например, ИИ может использоваться для анализа медицинских данных, диагностики заболеваний и прогнозирования эффективности лечения. Он может помочь врачам обнаружить ранние признаки рака или других заболеваний, которые могут быть легко упущены при обычном обследовании. При этом ИИ может быть использован для анализа генетических данных и создания персонализированных лекарственных препаратов. В некоторых медицинских учреждениях Великобритании уже применяется разработка от Deepmind Health, которая использует ИИ для анализа информации о пациентах, включая все симптомы, и выдает список рекомендаций лечащему врачу, чтобы помочь ему поставить точный диагноз [2]. Также они совершили прорыв в задаче определения трехмерной структуры белка по его аминокислотной последовательности. Совместная разработка приложения AI Resp СберМедИИ и Лаборатории по искусственному интеллекту Сбербанка позволяет определять вероятность коронавирусной инфекции пациента на основе анализа голоса, дыхания и кашля. Кроме того, они представили сервис «КТ Легких», который использует ИИ для диагностики вирусной пневмонии, в том числе COVID-19, по снимкам компьютерной томографии. Это только некоторые из многих способов, с помощью которых ИИ может помочь улучшить качество медицинской помощи и спасти жизни людей.

В финансовой сфере искусственный интеллект может использоваться для прогнозирования рынка, управления рисками и оптимизации инвестиционных портфелей. PwC прогнозирует, что развитие искусственного интеллекта приведет к увеличению мирового ВВП на \$15,7 трлн к 2030 году. Искусственный интеллект способен анализировать большие объемы данных, чтобы определить, какие инвестиции наиболее вероятно принесут высокую прибыль. Также он может использоваться для мониторинга финансовых рынков и быстрого реагирования на изменения в экономической ситуации. Он обладает уникальной способностью обнаруживать и минимизировать риски банковского мошенничества. Один из способов выявления мошенни-

чества - сканирование обширных транзакционных данных и отслеживание любых необычных действий или нерегулярных моделей поведения [3]. Это может помочь улучшить эффективность инвестиционных стратегий и снизить риски для инвесторов. Accenture заявляет, что использование искусственного интеллекта может увеличить прибыль компаний в среднем на 38 %.

В производстве искусственный интеллект может использоваться для оптимизации производственных процессов, улучшения качества продукции и снижения затрат на производство. Он способен анализировать данные о производственных процессах, чтобы определить наиболее эффективные методы производства и оптимизировать расходы на материалы и энергию, может использоваться для обнаружения дефектов продукции и предотвращения производственных аварий, помочь в планировании производственных процессов и оптимизации логистики. Все это может улучшить качество продукции, повысить производительность и снизить затраты на производство.

В транспортной сфере искусственный интеллект может использоваться для улучшения эффективности и безопасности транспортных средств. Способен анализировать данные о дорожной ситуации и прогнозировать возможные задержки или аварии, используется для управления автономными транспортными средствами и обеспечения безопасности пассажиров и пешеходов. Использование беспилотных технологий, основанных на ИИ, может значительно улучшить процесс доставки еды, сократить время и затраты. Опыт Яндекса показывает, что это приводит к экономии денег и времени клиентов, а также упрощает процесс доставки. Автономные машины, следующие алгоритмам без участия человека, могут уменьшить вероятность возникновения ДТП, так как исключается главный фактор ошибок на дороге - человеческий фактор [4]. Кроме того, искусственный интеллект может помочь в планировании логистики и управлении складами, что позволяет оптимизировать доставку товаров и снизить затраты на транспортировку.

Одним из конкретных решений для применения искусственного интеллекта может быть создание системы мониторинга, контроля и анализа данных, которая будет использовать алгоритмы машинного обучения для прогнозирования сбоев и автоматического управления процессами, тем самым увеличив производительность и эффективность производственных процессов, повысив качество и конкурентоспособность продукции. Например, такая система может использоваться для управления производственными линиями, контроля качества продукции, оптимизации расходов на энергопотребление, может анализировать данные о запасах сырья и материалов, а также предсказывать потребности в производственных ресурсах. Важно также будет обеспечить надежную защиту данных, правильность входных данных, при создании искусственного интеллекта и обучить персонал работе с новыми технологиями.

Когда компании сегодня внедряют программы искусственного интеллекта, они, скорее всего, используют машинное обучение - настолько, что термины часто используются взаимозаменяемо и иногда неоднозначно. Ма-

шинное обучение – это подобласть искусственного интеллекта, которая дает компьютерам возможность учиться без явного программирования.

Функция системы машинного обучения может быть описательной, что означает, что система использует данные, чтобы объяснить, что произошло; предиктивной, что означает, что система использует данные, чтобы предсказать, что произойдет; или предписывающей, что означает, что система будет использовать данные, чтобы предложить рекомендации по действиям.

Сбор данных прямо влияет на производительность модели машинного обучения и конечные результаты. Данные обычно делятся на два типа: структурированные и неструктурированные. Простейшим примером структурированных данных является файл .xls или .csv, где каждый столбец представляет собой атрибут данных. Неструктурированные данные могут быть представлены набором текстовых файлов, фотографий или видеофайлов.

Методы сбора данных:

Использование сенсоров мобильных устройств: датчики акселерометра, гироскопа, магнитометра, GPS могут использоваться для сбора данных в реальном времени о поведении пользователя.

Использование интернета вещей: сенсоры IoT могут собирать данные о состоянии устройств, окружающей среды, а также о наличии людей в помещении.

Анализ данных из социальных сетей: информация о поведении пользователей в социальных сетях может быть использована для создания модели индивидуальности и предсказания их предпочтений.

Сбор данных на основе анализа текста: текстовые данные, например, с опросов, могут быть использованы для анализа мнений и предпочтений пользователей.

Использование технологии распознавания образов: фотографии и видео могут быть использованы для сбора данных о пользовательской активности, не требуя дополнительных усилий со стороны пользователя.

Данные от датчиков, документов, веб-сайтов и обычных баз данных поступают в разных форматах. Прежде чем программный алгоритм сможет искать ответы, данные необходимо очистить и преобразовать в единый формат, который алгоритм сможет понимать. По данным интервью и экспертных оценок, ученые-аналитики данных тратят от 50 до 80 процентов своего времени на сбор и подготовку различных цифровых данных, прежде чем можно начать исследовать их на наличие полезной информации.

Современный процесс обработки данных включает в себя шесть основных этапов:

1. Обнаружение: сначала дата-сайентист проводит исследование данных, чтобы определить наиболее важные паттерны. Это также позволяет идентифицировать любые основные структурные проблемы, такие как неверные форматы данных.

2. Структурирование: исходные данные могут не иметь подходящей структуры для задуманного использования. Дата-сайентисты организуют и

нормализуют данные, чтобы они были более управляемыми. Это также облегчает выполнение следующих шагов в процессе обработки данных.

3. Очистка: необработанные данные могут содержать поврежденные, пустые или недопустимые ячейки. Также могут быть значения, которые требуют преобразования. Часть операции очистки заключается в том, чтобы обеспечить согласованность всех значений. Процесс очистки стандартизирует это значение для каждого адреса.

4. Обогащение: обогащение данных – это процесс заполнения недостающих деталей, обращаясь к другим источникам данных. Обогащение данных позволяет заполнить все поля адреса, обратившись к недостающим значениям в других источниках.

5. Проверка: убеждаются, что все значения данных логически согласованы. Проверка данных также включает более глубокие проверки, такие как убедиться, что все значения совместимы с указанным типом данных.

6. Публикация: когда процесс обработки данных завершен, команда дата-сайентистов отправляет их в конечное место назначения. Это делает обработанные данные доступными для их потребителей.

Работа с данными часто является ручной, трудоемкой и подверженной ошибкам. В результате получается дорогостоящая и хрупкая мозаика из кода, файлов и папок.

Для того, чтобы облегчить сбор данных предлагается использовать веб-скрейпинг, который позволяет извлекать данные из веб-ресурсов и использовать их для дальнейшего анализа. Чтобы получить более разнообразный и репрезентативный набор данных, необходимо производить сбор данных из различных источников. Использование стандартизированных форматов данных, таких как CSV, JSON или XML, для хранения данных позволяет упростить их обработку и анализ. Использование аннотации данных, помогает модели машинного обучения понимать, какие данные важны для решения задачи. Также сотрудничество с другими исследовательскими командами для обмена данными и опытом поможет ускорить процесс обработки и сбора данных.

Таким образом, с развитием технологий искусственный интеллект становится все более востребованным в различных сферах. Использование ИИ позволяет повысить эффективность и точность управления, сократить затраты на персонал и снизить количество ошибок. Однако, необходимо учитывать потенциальные риски, связанные с использованием ИИ, такие как потеря контроля над системой и угрозы для безопасности данных. Поэтому, при внедрении ИИ необходимо учитывать не только его преимущества, но и возможные риски и принимать меры для их минимизации.

Библиографический список

1. Ходжаева Д.Ф., Омонов А.А., Тугизбаев Ф.У. Проблемы, с которыми можно столкнуться при внедрении искусственного интеллекта. // Наука, техника и образование, № 5(80), 2021. С. 23-26.

2. Поляева Е.П., Евстафьева В.А. Искусственный интеллект в медицине // Вестник науки и образования, № 6 -2 (60), 2019. С.15-19

3. Зорин Г.Е. Искусственный интеллект и его применение в банковской сфере // Вестник Российского университета кооперации, № 1(39), 2020. С. 31-36.

4. Меркулов, Д. А. Искусственный интеллект на транспорте // Научный лидер, № 2, 2021. С. 35–38.

УДК 004.896:519.876.5

ПРИМЕРЫ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Фадеев Р.Н., Кирилина А.Н.

*Владимирский государственный университет,
г. Владимир, e-mail: fadeevroman.shua@gmail.com*

В статье рассмотрены основные направления использования цифровых двойников в деятельности крупных отечественных и зарубежных предприятий. Отмечается, что цифровые двойники компаний это глобальные платформы для моделирования, имитации и анализа производственных систем.

Ключевые слова: цифровой двойник, виртуальная модель, производственная система.

Понятие «цифровой двойник» было введено в обиход еще в 2002 году. Профессор Мичиганского университета М. Гривз рассказал о получении информации об объекте с помощью цифрового двойника.

Развитие искусственного интеллекта, промышленного интернета вещей, облачных вычислений сделало технологию цифрового двойника экономически эффективной. Она стала проникать в жизнь производственных компаний, которые стремятся занять или сохранить ведущую позицию на рынке товаров и услуг.

Цифровой двойник работает путем цифровой репликации физического объекта в виртуальной среде, включая его функциональность, возможности и поведение. Многочисленные IoT-датчики собирают данные для анализа цифровым двойником информации во время всего жизненного цикла реального объекта.

Существуют разные по степени сложности виртуальные репрезентации физического объекта. От виртуального прототипа, который создается на этапе предварительного проектирования, до виртуальной модели физического близнеца, которая имеет адаптивный интерфейс и возможность машинного обучения.

В таблице 1 представлены практики разработки и использования цифровых двойников.

Таблица 1 – Практики разработки и использования цифровых двойников

Компания	Разработки
Siemens (Германия)	Программное обеспечение SieTrace – определение местоположения в режиме реального времени (RTLS) для управления производственными процессами.
Bosch Building Technologies (Германия)	Платформа Energy Platform – энергосберегающее и экономичное решение для мониторинга и анализа энергопотребления своих внутренних операций в режиме реального времени.
UltraSoC (Великобритания) совместно с Siemens (Германия)	Интеграция технологии UltraSoC в портфель продуктов Xcelerator как новое решение для управления жизненным циклом продукта (PLM) для измерительных и аналитических решений с исключительными возможностями в области кибербезопасности.
IBM (США) и Siemens (Германия)	Оптимизация управления жизненным циклом услуг (SLM) через соединение реальных операций по техническому обслуживанию и производительности активов с проектными решениями и модификациями на местах.
Abu Dhabi National Oil Company (Объединённые Арабские Эмираты)	Технология цифрового двойника позволила собрать 20 нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятий компании в единый диспетчерский пункт, в процессе работы которого применяется предиктивная аналитика, real-time визуализация, моделирование сценариев производственных процессов.
General Electric (США)	Использует цифровые двойники реактивных двигателей для самолетов.
Газпром нефть (Россия)	С помощью цифровых технологий разрабатываются новые месторождения и составляются проекты их эксплуатации; создаются по-новому оборудованные производственные участки; практическое применение «цифровых двойников скважин» демонстрирует экономию капитальных затрат в размере 5–20 %.
Яйский нефтеперерабатывающий завод (Россия)	Пример использования цифрового двойника на заводе – цифровой тренажер для операторов. Кроме того, проект подразумевает внедрение системы кибербезопасности, призванной защитить от взлома цифрового двойника предприятия для предотвращения аварийных ситуаций на основе предиктивной аналитики.

Продолжение таблицы 1

Компания	Разработки
Сибур Холдинг (Россия)	В базе инженерных данных собрана всевозможная информация по оборудованию и его взаимосвязям (место оборудования в производственной цепочке, нормативные режимы работы, частота обслуживания, геометрические и технические характеристики и т.д.), что позволяет создать и использовать цифровой двойник.
КАМАЗ (Россия)	Автогигант активно работает над созданием трехмерных моделей технологического оборудования (станки, роботы, манипуляторы, механизмы, производящие изменение пространственной ориентации объектов при их передаче с одного обрабатывающего устройства на другое, роликовые конвейеры и т.д.). Модели применяются для размещения оборудования на 3D-планировках производственных площадей, в процессе моделирования механической обработки деталей и сборочных работ, в ходе виртуальной пуско-наладки оборудования, виртуальных испытаний модульных платформ автобусов.
Ульяновский автомобильный завод (Россия)	Реализация проекта цифрового двойника изделия.
Трансмашхолдинг (Россия)	Внедрение цифрового двойника позволяет рассчитывать результаты выполнения производственного плана при заданных параметрах и быстро реагировать на запросы заказчика.
Инфосистемы Джет (Россия)	Создание цифрового двойника здания. Используется в производственном процессе для управления инженерно-техническими устройствами и технологиями в сооружении (климатический контроль помещений, менеджмент электроэнергии, контроль водных ресурсов и т.п.).
АО «ОДК» – объединенная двигателестроительная корпорация (Россия)	Проектирование, производство и эксплуатация двигателей с помощью цифровых двойников.

Цифровые двойники компаний это глобальные платформы для моделирования, имитации и анализа производственных систем. Цифровой двойник объединяет производственные процессы (рисунок 1).

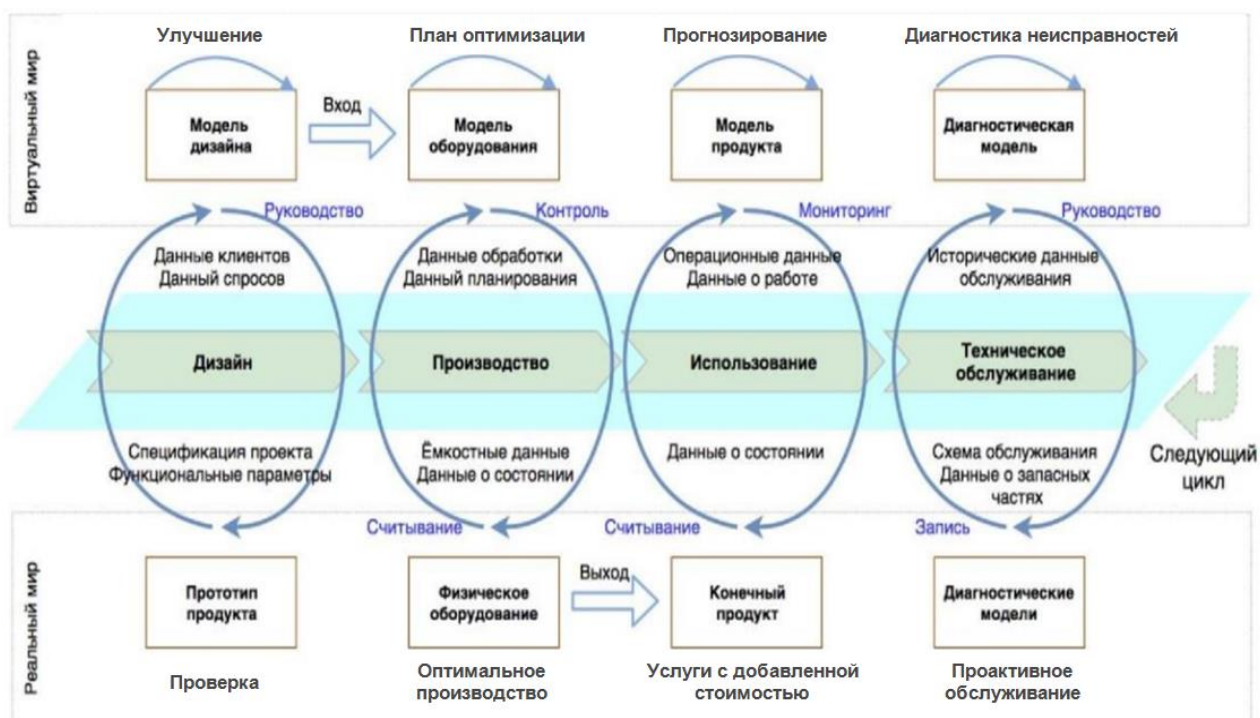


Рисунок 1 – Цифровой двойник объединяет производственные процессы

Проведенный анализ использования цифровых двойников в промышленности позволяет сделать вывод, что данная технология является одним из важнейших инструментов цифровой трансформации российских предприятий.

Библиографический список

1. Боровков А.И., Рябов Ю.А., Марусева В.М. «Умные» цифровые двойники – основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Трамплин к успеху. Цифровая экономика знаний. 2018. № 13. С. 13-17.
2. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.

УПРАВЛЕНИЕ ДОСТУПОМ К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Рыленков Д.А.¹, Калашников С.Н.²

¹ *Московский финансово-юридический университет,
г. Москва, e-mail: davyd.rylenkov@yandex.ru*

² *Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: s.n.kalashnikov@yandex.ru*

Сегодня управление информационной безопасностью является важным аспектом деятельности организации. Постоянно растет количество угроз в информационных системах, поэтому требуется совершенствование методологии управления доступом. В данном докладе рассматриваются принципы проектирования подсистемы управления доступом к информационным ресурсам на основе анализа бизнес-процессов организации.

Ключевые слова: информационные технологии, защита данных, управление доступом, информационная безопасность, информационные системы, конфиденциальность.

Система управления доступом к информационным ресурсам включает в себя следующие общие компоненты [1,2]:

1. Объект доступа.
2. Субъект доступа.
3. Модель управления доступом.

В общем случае, существуют следующие модели управления доступом [3,4]:

1. Мандатная модель.
2. Дискреционная модель.
3. Ролевая модель.

Независимо от используемой модели, в крупных организациях с обширной информационной инфраструктурой задача формирования политики управления доступом требует разработки специальной методологии [5,6].

Для выделения информационных ресурсов и их владельцев был выбран подход на основе построения диаграмм бизнес-процессов по методологии IDEF0.

Детализированное описание стандарта IDEF0 содержится в рекомендациях Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования» [7].

IDEF0 является достаточно простым и одновременно наглядным стандартом описания бизнес-процессов организации. Для работы с ним существует множество программных продуктов, например, Microsoft Visio, BPWIN, ERWIN, Ramus Educational и т.д.

В данной работе рассматривается деятельность строительной организации. Описание ключевых процессов компании представлено на рисунке 1.

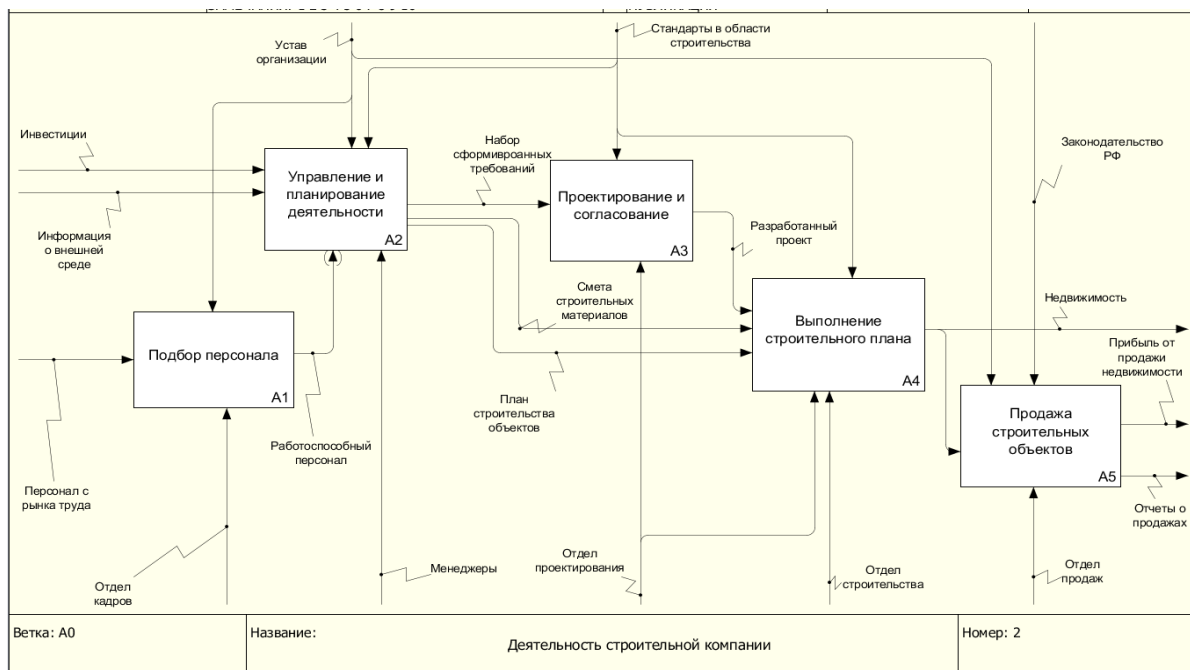


Рисунок 1 - IDEF0-диаграмма основных бизнес-процессов строительной компании.

В рамках анализа структуры бизнес-процессов выделены следующие информационные активы компании:

1. Планы строительства объектов;
2. Отчеты о продажах;
3. Сметы строительных материалов;
4. Проектная документация;
5. Кадровая документация;
6. Договоры на выполнение строительных работ;

В рассматриваемую компанию в качестве структурных подразделений входят четыре отдела: кадров, проектирования, строительства, продаж.

Для получения наиболее полных сведений об информационных активах организации производится несколько последовательных этапов декомпозиции каждого из блоков основных бизнес-процессов на его функциональные составляющие [8].

При выполнении декомпозиции процессов производится выделение конкретных исполнителей и владельцев активов.

На основе графического представления, возможно выделять информационные потоки между подразделениями и исполнителями, а также этапы модификации данных.

При изменениях в организационной структуре компании, методология IDEF0 позволяет наглядно отразить реструктуризацию потоков данных в инфраструктуре предприятия.

При формировании матрицы доступа выделяются параметры исполнителей из построенной диаграммы IDEF0 и информационных активов исследуемой компании. В результате выполнения указанных процедур политики доступа могут быть использованы при конфигурации систем управления базами данных компании, ERP-систем, CRM-систем, ECM и иных используемых корпоративных сервисов.

Таким образом, в данной работе рассмотрены особенности стандарта IDEF0, показано его применение на примере строительной организации при проектировании подсистемы управления доступом к информационным ресурсам.

Библиографический список

1. Рудакова, О.С. Реинжиниринг бизнес-процессов: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления / О.С. Рудакова. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. - 343 с.
2. Информационные системы и технологии управления / Под редакцией Г.А. Титоренко. - М.: Юнити-Дана, 2017. - 592 с.
3. Девянин П.Н. Модели безопасности компьютерных систем. Управление доступом и информационными потоками / П.Н. Девянин. - Москва: Наука, 2013. - 338 с.
4. Васильков А.В. Безопасность и управление доступом в информационных системах / А.В. Васильков, И.А. Васильков. - М.: Форум, 2015. - 368 с.
5. Борисов М.А. Основы организационно-правовой защиты информации / М.А. Борисов, О.А. Романов. - М.: Ленанд, 2014. - 248 с.
6. Ерохин, В. В. Безопасность информационных систем. Учебное пособие / В.В. Ерохин, Д.А. Погонышева, И.Г. Степченко. - М.: Флинта, Наука, 2015. - 184 с.
7. Р 50.1.028 - 2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования: Госстандарт РФ, 2001. 48 с.
8. Храмцова, Е. И. Методы оптимизации затрат на реализацию системы управления информационной безопасностью / Е. И. Храмцова, Л. В. Астахова // Актуальные проблемы социального, экономического и информационного развития современного общества : Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения первого ректора Башкирского государственного университета Чанбарисова Шайхуллы Хабибулловича, Уфа, 20 мая 2016 года / Башкирский государственный университет. \ Часть 2. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 177-179.

РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

Бычков К.В., Блинов Р.В., Бабичева Н.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kirill.bychkov@vk.com*

В статье рассматривается роль и применение искусственного интеллекта в системах автоматизации управления. Искусственный интеллект является одной из ключевых технологий, которая может значительно повысить эффективность управления и оптимизировать производственные процессы. В статье будут рассмотрены различные подходы к применению искусственного интеллекта в системах автоматизации управления, а также приведены примеры реализации этих подходов в современных предприятиях. Кроме того, будет проанализировано влияние искусственного интеллекта на развитие систем автоматизации управления. На основе всего вышесказанного делается заключение.

Ключевые слова: искусственный интеллект, автоматизация управления, искусственный интеллект в медицине, искусственный интеллект в финансах, искусственный интеллект в транспортной сфере.

Современный мир сталкивается с растущей потребностью в повышении эффективности управления и оптимизации производственных процессов. Искусственный интеллект становится одной из ключевых технологий, которая может значительно улучшить эффективность управления и оптимизировать производственные процессы, позволяя автоматизировать рутинные задачи, улучшать прогнозирование и принимать более обоснованные решения. Эта область привлекает серьезные ресурсы и находится в центре внимания не только бизнеса, но и государственных организаций. Полученные разработки и готовые решения широко применяются в различных сферах жизнедеятельности, включая государственное управление.

Одной из главных задач применения искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления технологическими процессами является снижение риска ошибок, связанных с вмешательством человека в процесс. Технологии искусственного интеллекта могут помочь уменьшить влияние "человеческого фактора" на работу системы и повысить ее эффективность и надежность.

Искусственный интеллект, несмотря на свою мощь, иногда принимает решения, которые не соответствуют человеческой логике, и его качество напрямую зависит от данных, на которых он обучается. Важно понимать, что ИИ не может гарантировать полную "безошибочность", но он может помочь уменьшить количество ошибок и снизить их влияние.

Сбор и хранение данных являются одной из важнейших проблем, с ко-

торыми сталкивается искусственный интеллект. [1]. Которые в дальнейшем используются для создания точных алгоритмов. Но не только количество данных имеет значение, также важно, чтобы данные были актуальными и соответствовали текущим требованиям. Некачественные данные могут вызвать сбои в работе системы, поэтому также важно уделять внимание их качеству и актуальности. Без достаточного количества и качества входных данных, система искусственного интеллекта может работать неэффективно. Поэтому важно проводить регулярную проверку и обновление алгоритмов ИИ, чтобы улучшить его работу и минимизировать возможные ошибки. Но когда эта проблема решена, искусственный интеллект может быть применен в различных областях, таких как медицина, финансы, производство и транспорт.

Например, искусственный интеллект может использоваться для анализа медицинских данных, диагностики заболеваний, прогнозирования эффективности лечения и даже создания индивидуальных планов лечения для пациентов. Также искусственный интеллект может помочь врачам обнаружить ранние признаки рака или других заболеваний, которые могут быть легко упущены при обычном обследовании. При этом искусственный интеллект может быть использован для анализа генетических данных и создания персонализированных лекарственных препаратов. В некоторых медицинских учреждениях Великобритании уже применяется разработка от DeepMind Health, которая использует искусственный интеллект для анализа информации о пациентах, включая все симптомы, и выдает список рекомендаций лечащему врачу, чтобы помочь ему поставить точный диагноз [2]. Также компания DeepMind разработала нейронную сеть AlphaFold 2, которая совершила прорыв в задаче определения трехмерной структуры белка по его аминокислотной последовательности. Совместная разработка приложения AI Resp СберМедИИ и Лаборатории по искусственному интеллекту Сбербанка позволяет определять вероятность коронавирусной инфекции пациента на основе анализа голоса, дыхания и кашля. Кроме того, Лаборатория по ИИ и СберМедИИ представили сервис «КТ Легких», который использует ИИ для диагностики вирусной пневмонии, в том числе COVID-19, по снимкам компьютерной томографии. Это только некоторые из многих способов, с помощью которых искусственный интеллект может помочь улучшить качество медицинской помощи и спасти жизни людей.

В финансовой сфере искусственный интеллект может использоваться для прогнозирования рынка, управления рисками и оптимизации инвестиционных портфелей. PwC прогнозирует, что развитие искусственного интеллекта приведет к увеличению мирового ВВП на \$15,7 трлн к 2030 году. Искусственный интеллект может анализировать большие объемы данных, чтобы определить, какие инвестиции наиболее вероятно принесут высокую прибыль. Также искусственный интеллект может использоваться для мониторинга финансовых рынков и быстрого реагирования на изменения в экономической ситуации. Искусственный интеллект обладает уникальной способностью обнаруживать и минимизировать риски банковского мошенниче-

ства. Один из способов выявления мошенничества - сканирование обширных транзакционных данных и отслеживание любых необычных действий или нерегулярных моделей поведения [3]. Это может помочь улучшить эффективность инвестиционных стратегий и снизить риски для инвесторов. Accenture заявляет, что использование искусственного интеллекта может увеличить прибыль компаний в среднем на 38%.

В производстве искусственный интеллект может использоваться для оптимизации производственных процессов, улучшения качества продукции и снижения затрат на производство. Может анализировать данные о производственных процессах, чтобы определить наиболее эффективные методы производства и оптимизировать расходы на материалы и энергию. Также искусственный интеллект может использоваться для обнаружения дефектов продукции и предотвращения производственных аварий. Искусственный интеллект также может помочь в планировании производственных процессов и оптимизации логистики. Все это может помочь улучшить качество продукции, повысить производительность и снизить затраты на производство.

В транспортной сфере искусственный интеллект может использоваться для улучшения эффективности и безопасности транспортных средств. Может анализировать данные о дорожной ситуации и прогнозировать возможные задержки или аварии, что позволяет водителям выбирать наиболее оптимальный маршрут и избегать пробок. Также искусственный интеллект может использоваться для управления автономными транспортными средствами и обеспечения безопасности пассажиров и пешеходов. Использование беспилотных технологий, основанных на искусственном интеллекте, может значительно улучшить процесс доставки еды, сократить время и затраты. Опыт Яндекса показывает, что это приводит к экономии денег и времени клиентов, а также упрощает процесс доставки. Автономные машины, следующие алгоритмам без участия человека, могут уменьшить вероятность возникновения ДТП, так как исключается главный фактор ошибок на дороге - человеческий фактор [4]. Кроме того, искусственный интеллект может помочь в планировании логистики и управлении складами, что позволяет оптимизировать доставку товаров и снизить затраты на транспортировку.

Одним из конкретных решений для применения искусственного интеллекта в системах автоматизации управления может быть создание системы мониторинга, контроля и анализа данных, которая будет использовать алгоритмы машинного обучения для прогнозирования сбоев и автоматического управления процессами, тем самым повысив производительность и эффективность производственных процессов, повысить качество и конкурентоспособность продукции. Например, такая система может использоваться для управления производственными линиями, контроля качества продукции, оптимизации расходов на энергопотребление, может анализировать данные о запасах сырья и материалов, а также предсказывать потребности в производственных ресурсах. Важно также будет обеспечить надежную за-

щиту данных, правильность входных данных, при создании искусственного интеллекта и обучить персонал работе с новыми технологиями.

Таким образом, с развитием технологий искусственный интеллект становится все более востребованным в различных сферах, в том числе и в системах автоматизации управления. Использование ИИ позволяет повысить эффективность и точность управления, сократить затраты на персонал и снизить количество ошибок. Однако, необходимо учитывать потенциальные риски, связанные с использованием ИИ, такие как потеря контроля над системой и угрозы для безопасности данных. Поэтому, при внедрении ИИ в системы автоматизации управления необходимо учитывать не только его преимущества, но и возможные риски и принимать меры для их минимизации.

Библиографический список

1. Ходжаева Д.Ф., Омонов А.А., Тугизбаев Ф.У. Проблемы, с которыми можно столкнуться при внедрении искусственного интеллекта. // Наука, техника и образование, № 5(80), 2021. С. 23-26.
2. Поляева Е.П., Евстафьева В.А. Искусственный интеллект в медицине // Вестник науки и образования, № 6 -2 (60), 2019. С.15-19
3. Зорин Г.Е. Искусственный интеллект и его применение в банковской сфере // Вестник Российского университета кооперации, № 1(39), 2020. С. 31-36.
4. Меркулов, Д. А. Искусственный интеллект на транспорте // Научный лидер, № 2, 2021. С. 35–38.

УДК 004.94

ПОЛУНАТУРНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОТЛАДКИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

**Свинцов М.М.^{1,2}, Казанцев М.Е.^{1,2}, Попов А.С.^{1,2},
Загидулин И.Р.^{1,2}, Скударнова Н.В.^{1,2}, Макаров Г.В.^{1,2}**

¹*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

²*ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
г. Новокузнецк, e-mail: svintzovmax@yandex.ru*

В статье рассмотрены особенности применения полунатурных тренажеров для обучения персонала АСУ ТП. Приводится структура тренажера, представлен пример его использования. В качестве основы программного модуля тренажера используется модель логических состояний оборудования, построенная на основе входных и выходных дискретных сигналов насоса. Использование полунатурных тренажеров позволяет обучающемуся персоналу ознакомиться с рабочими задачами без риска нанести ущерб действующей системе предприятия.

Ключевые слова: автоматизация, системы управления, полунатурный тренажёр, моделирование, контроллеры.

Неотъемлемой частью любого современного производства является автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП). Тенденции запуска новых производств на данном этапе развития подразумевают наличие уже функционирующей АСУ ТП с самого начала наладочных работ [1].

Следствием этого является проблема значительного роста требований к квалификации персонала АСУ ТП. Анализ статистических данных аварий на производственных объектах, наблюдавшихся на территории РФ за последнее десятилетие показал, что 60% аварий происходит по вине персонала, что подтверждает актуальность данной проблемы [2].

Применение компьютерных тренажеров в обучении персонала АСУ ТП, является наиболее эффективным и современным способом оптимальной оценки эффективности обучения технологического персонала, а также повышения уровня квалификации.

Задачей инженера является тестирование и отладка программно-алгоритмического обеспечения АСУ ТП – в результате чего для создания полноценного тренажера необходимо создание модели комплексных функциональных состояний оборудования [3].

Структура разработанного тренажёра представлена на рисунке 1.

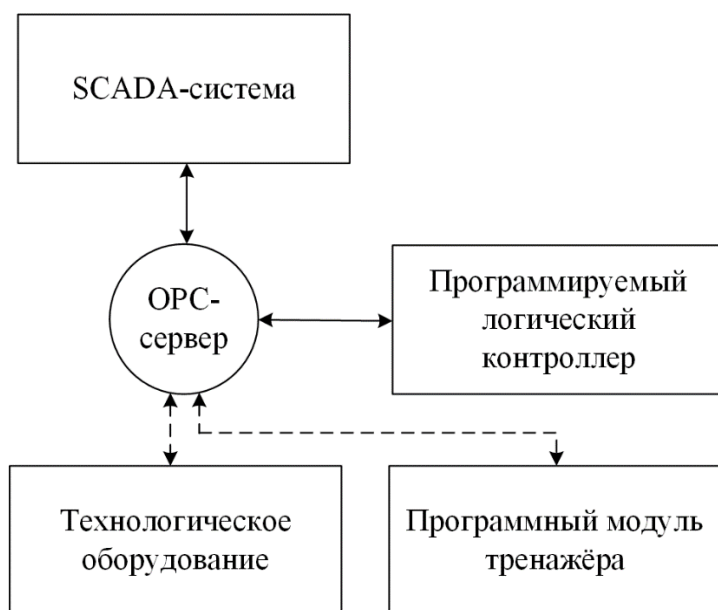


Рисунок 1 – Структура полунатурного тренажера

Взаимосвязь элементов системы реализована через OPC-сервер, в зависимости от требуемого режима работы программируемый логический контроллер (ПЛК) может взаимодействовать как с действующим технологическим оборудованием, так и с программным модулем тренажёра.

Основой программного модуля является логическая модель состояний агрегата [4]. Модель строится на основе ряда параметров, набор которых

определяется исходя из принципиальной схемы управления агрегатом:

- входные переменные – сигналы состояния самого технологического оборудования;
- выходные переменные – управляющие реле и контакты устройств для запуска/останова оборудования;
- переменные состояния – состояние цепи управления, различная диагностика.

Функциональное состояние агрегата может быть следующим: работа, готовность к работе, неготовность к работе и авария. Для диагностики необходимо отображать не только функциональное состояние агрегата, но и причины их возникновения. Причины определяются сигналами и отражают изменение внешней среды, могут появляться и исчезать, иногда с большой скоростью. Для фиксации произошедшего события на интерфейсе оператора и хранения в базе служат обработанные логические переменные – признаки. Количество признаков должно быть достаточным для описания всех уникальных состояний системы.

Была разработана логическая модель состояний для тяжелосреднего насоса. На рисунке 2 представлен интерфейс программного модуля, с помощью которого можно выбрать, каким образом модель должна имитировать сигналы агрегата - в зависимости от установленного состояния будет меняться реакция на управляющие сигналы.

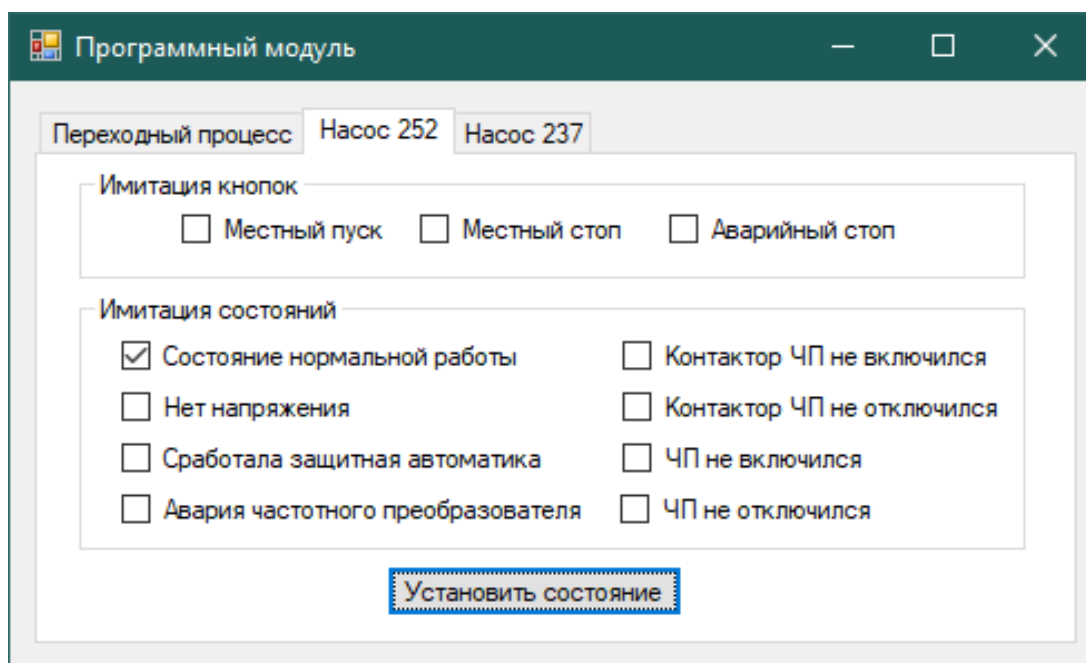


Рисунок 2 – Интерфейс программного модуля

Был собран тренажёр, позволяющий проводить обучение персонала АСУ ТП процессам тестирования и отладки алгоритмов управления без риска нанести ущерб действующей автоматизированной системе управления (рисунок 3).

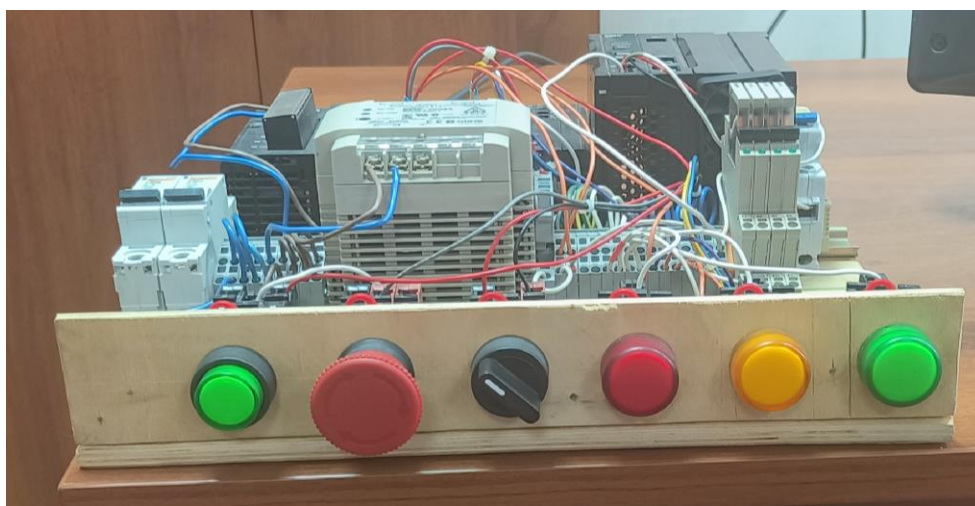


Рисунок 3 – Полунатурный тренажёр

Основой тренажёра является ПЛК Omron CJ1M, а также ряд дополнительных модулей. На переднюю панель стенда вынесены индикаторы и органы управления, что обеспечивает дополнительные возможности взаимодействия обучающегося с системой управления (имитируют пульт местного управления).

Рассмотрим пример использования тренажёра. После знакомства с электрическим подключением элементов и конфигурации устройства в ПЛК загружается реализованный обучающимся алгоритм управления агрегатом (в данном случае – насосом).

Сначала оценивается работа системы в штатном режиме – имитируется запуск и останов агрегата в местном режиме с помощью кнопок на передней панели тренажёра, запуск и останов агрегата в дистанционном режиме с помощью команд со SCADA-системы. Оценивается реакция системы – должны сформироваться правильные признаки, агрегат не должен запускаться или останавливаться без соответствующей команды. SCADA-система должна корректно отобразить информацию о состоянии агрегата.

После этого, проводится тестирование обработки аварийных состояний агрегата. В программном модуле имитируется то или иное аварийное состояние. Система должна корректным образом отреагировать на ситуацию – остановить агрегат или заблокировать возможность его запуска, соответствующая информация должна отобразиться в SCADA-системе и, при наличии соответствующих индикаторов, на пульте местного управления.

Например, возникновение состояния «авария частотного преобразователя» при выключенном насосе должно привести к формированию неготовности – должна заблокироваться возможность запуска агрегата, а соответствующий аварийный признак должен отразиться в SCADA-системе и на пульте местного управления.

Выберем соответствующее состояние в программном модуле – на рисунке 4 видно, что система сформировала корректный аварийный признак и информация отразилась на окне SCADA-системы.

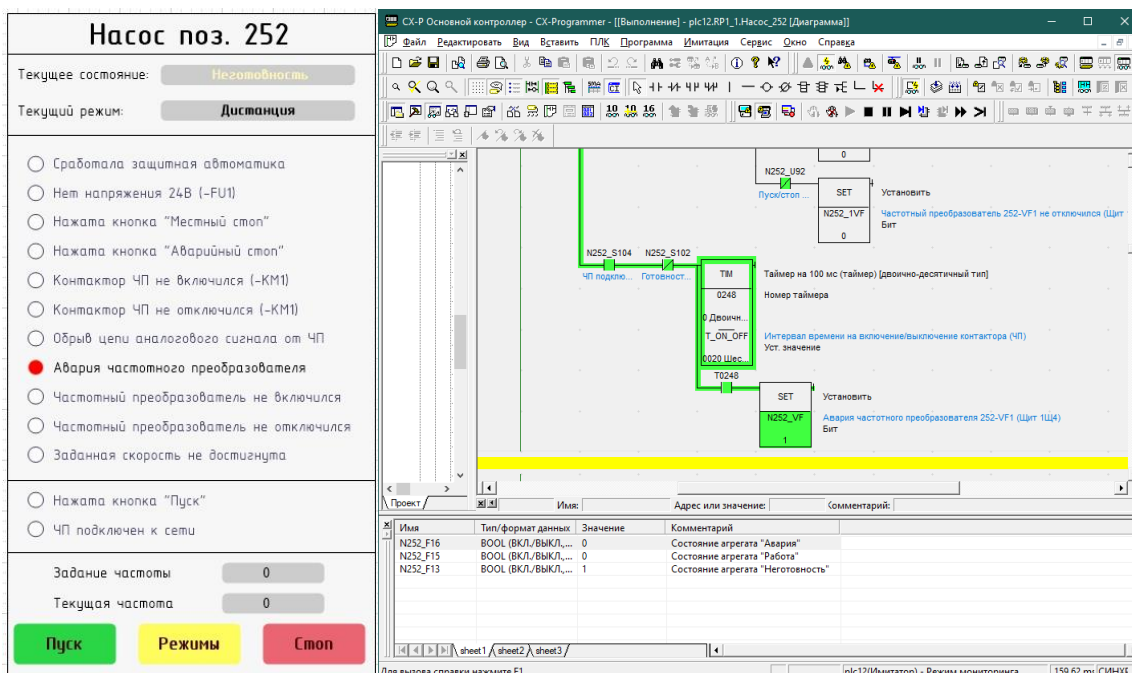


Рисунок 4 – Насос в состоянии «Неготовность»

На пульте местного управления загорелся индикатор, соответствующий состоянию «неготовность» (рисунок 5).



Рисунок 5 – индикатор состояния «неготовность»

В том случае, если система некорректно формирует управляющие воздействия или функциональные состояния агрегата обучающийся проводит соответствующую корректировку, пока не получит правильный результат.

Использование полунатурных тренажёров позволит повысить эффективность обучения персонала АСУ ТП за счёт возможности детально рассмотреть работу системы управления и ознакомиться с рядом рабочих задач без риска нанести ущерб действующей системе.

Библиографический список

1. Испытание и наладка средств и систем автоматизации / Грачев В.В., Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Киселев С.Ф., Львова Е.И., Линков А.А. // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2014. № 2 (8). С. 44-47.

2. Мишенков Е.А. Подход к моделированию нештатных ситуаций с использованием виртуального тренажера для обучения персонала/ Е.А. Мишенков, А.А. Малышев, А.В. Кулагин, Д.Ю. Сагун // Информационные и математические технологии в науке и управлении/ ФГУП «ВНИИА им. Н.Л.Духова». – М.:2019. – N 4(16). – С.99-110. - ISSN 2413-0133.

3. Макаров Г.В. Виртуальная пусконаладка и подобие систем управления / Г. В. Макаров, М. М. Свинцов, Н. В. Скударнова, Л. П. Мышляев // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве : сборник докладов X Всероссийской научно- практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных с международным участием, Екатеринбург, 19–20 мая 2022 года / Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2022. – С. 256-262.

4. Макаров Г.В. Совместное моделирование процессов и логических состояний оборудования / Г. В. Макаров, А. С. Саламатин, М. В. Ляховец, Н. В. Скударнова // В сборнике докладов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2021) с международным участием (Екатеринбург, 13–14 мая 2021 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – с. 257-262.

III ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 621.1819.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Новикова К.И., Павловец В.М.

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

Проведена оценка применения золошлаковых отходов ТЭЦ в качестве сырьевой основы для производства промышленной продукции. Показаны перспективы использования золошлаковых отходов в различных отраслях промышленности. Представлен ряд перспективных технологий с использованием золошлаковых отходов ТЭЦ. Показана роль золошлаковых отходов в структуре энерго- и ресурсосбережения.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, промышленное производство, вяжущие свойства, перспективы использования отходов.

Проблема использования золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭЦ является одной из экологически направленных на предприятиях промышленной теплоэнергетики [1]. Данная проблема обусловлена рядом важнейших производственных причин в сфере ресурсосбережения. Во – первых, растет использование золошлаковых отходов в возведении зданий и сооружений, в производстве строительных материалов, в тяжелой промышленности, в сельском хозяйстве. Однако в целом по России использование ЗШО невелико, хотя наблюдается тенденция к увеличению этих показателей. Так, годовое потребление ЗШО в последние годы составляет около 4–5 % от общего количества образующихся отходов, в то время как в развитых странах этот показатель превышает 50–90 %. Основные причины низких темпов использования ЗШО теплоэнергетических предприятий в России заключаются в следующем: отсутствие базовой государственной политики в области использования минеральных и техногенных отходов с целью решения экологических проблем; отсутствие финансирования в области утилизации ЗШО ТЭС; недостаточно активное внедрение результатов научно-исследовательских и проектно конструкторских работ, полученных в отечественной и зарубежной практике; техническая неподготовленность теплоэнергетических предприятий по утилизации, сортировке золошлаковых отходов, складированию и использованию потребителями; отсутствие отечественных производителей промышленного оборудования по выпуску товарной продукции на основе золошлаковых отходов. Всеобъемлющей причиной необходимости переработки техногенных месторождений является экологическая направленность

процесса рециклинга ЗШО и требования законодательства по охране окружающей среды. Она обусловлена тем, что огромные количества промышленных отходов скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Транспортировка, складирование отходов и их юридическое обслуживание требуют значительных затрат. Золоотвалы способствуют загрязнению воздушного и водного бассейнов и изменению химико-минерального состава почв и сельхозугодий, что существенно ухудшает здоровье людей. Пыление золоотвалов при сильных ветрах и неблагоприятных погодных условиях (повышенная влажность воздуха, туманы) формирует климатическое загрязнение окружающей среды, отрицательно влияет на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий и даже животноводства. Фильтрация воды в золоотвалах ухудшает естественный гидрохимический режим почв в зоне их расположения, что может приводить к подтоплению, засолению и заболачиванию производственной и жилой местности, 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 техногенных событиях на золоотвалах. Поэтому ликвидация золоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном и жилом регионе.

Расширение использования ЗШО в различных производственных технологиях является одним из ключевых направлений ресурсосбережения в промышленной теплоэнергетике и в ряде сопутствующих технологий. По минеральному составу золошлаковые отходы – востребованный материал для полезного использования в различных отраслях экономики с дополнительным получением экономического эффекта. Золошлаковые отходы могут использоваться как добавки и наполнители при производстве обширного спектра строительных материалов: песка, цемента, бетонов, растворов, кирпича, тротуарной плитки, кровельных изделий и перекрытий. Они могут использоваться как самостоятельно, так и в виде частичного заменителя основного сырьевого материала. Они хорошо зарекомендовали себя при укладке в основание автомобильных дорог. Наибольшие перспективы имеют термические технологии на основе 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 связующие, полученные на основе сложных физических процессов. К наиболее часто используемым неорганическим связующим относят гашёную известь, жидкое стекло, глинозёмистый и портландский цементы, бентонитовые и нонтронитовые глины [2–4]. К распространённым в промышленности органическим связующим относят каменноугольные и нефтяные смолы, мелассу, отходы гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности (сульфитдрожжевая и спиртовая бражки - СДБ и ССБ). Органические связу-

ющие наряду с порообразующими добавками способны выгорать или деформироваться при высоких температурах и формировать регламентированную поровую структуру формуемых материалов [2].

При брикетировании любого вида сырья во всех отраслях промышленности используют связующие материалы, которые должны обладать высокими клеящими свойствами и обеспечивать необходимую холодную и горячую прочность, особенно при дальнейшей термической переработке или эксплуатации [5, 6]. Известны предложения по применению ЗШО в производстве металлургических окускованных продуктов (брикетов и агломерата). Любые связующие на основе ЗШО должны вносить минимальное количество вредных, балластных и других примесей в шихту, быть распространёнными и обладать оптимальной стоимостью, характеризоваться низкими транспортными затратами, не требовать сложных приёмов и операций по их смешиванию, обеспечивать регламентированную пластичность и схватываемость брикетируемой массы [3, 4].

Подготовленные механическим активированием и термообработкой ЗШО целесообразно использовать при изготовлении упрочняемых растворов – как активную добавку в количестве 10–30 % от массы цемента. При использовании в строительных растворах портландцемента высоких марок (400–500) применение химически активной золы может сократить его расход до 30–40 %. В настоящее время ЗШО широко используют в качестве активного микронаполнителя в тяжелых бетонах, что позволяет снизить расход строительного цемента от 6–10 % в бетонах обычного твердения до 12–25 % в пропариваемых бетонах. Широко отработаны технологии на основе ЗШО в производстве строительного силикатного кирпича, жаростойких бетонов, зольного и аглопоритового гравия, мелкозернистого упрочненного золобетона и изделий на его основе. Используют ЗШО в качестве мелкой фракции легких бетонов на пористых заполнителях для формирования особой теплофизической структуры и в качестве сырьевых материалов для дорожной промышленности. Использование золошлаковых отходов с наличием частиц несгоревшего твердого топлива в производстве строительного кирпича, не только улучшает его качество, но и снижает расход технологического топлива на сушку и обжиг.

Мировой и отечественный опыт показывает перспективность использования золошлаковых смесей в дизайнерских проектах для планировки городских территорий, предназначенных для нового строительства. По санитарно-гигиеническим характеристикам и физико-химическим показателям в ряде случаев золошлаковые отходы могут служить адекватной заменой речному песку. Экономический эффект от использования в планировке ЗШО заключается в экономии планировочного материала, отказе от строительства новых золоотвалов и, соответственно, в экономии капитальных вложений. Заменить кварцевый песок ЗШО можно во многих производственных технологиях, использующих его в качестве сырья или технологического агента.

Это технологии пескоструйной обработки металлических поверхностей в металлургии и машиностроении, процессы придания цвета строительным изделиям и сооружениям. В производстве низкотемпературных огнеупорных и теплоизоляционных материалов для большинства теплотехнических агрегатов ЗШО имеют огромные перспективы [5]. Учитывая вязущую основу тонкодисперсных ЗШО, их можно использовать в технологиях производства защитных или облицовочных покрытий на металлах и строительных сооружениях, заменяя дорогостоящий стандартный тонкодисперсный наполнитель частицами ЗШО. Материалы на основе ЗШО можно использовать для производства формованных абразивных изделий (бумаги, дисков, шлифовальных кругов и др.).

Высокое значение золошлаковые отходы имеют в сельском хозяйстве при производстве удобрений на основе кальция и магния, которые являются одними из основных компонентов. Одно из перспективных направлений масштабного использования золы углей – приготовление из них известкового гранулированного удобрения (мелиоранта) для повышения плодородия закисленных почв. Традиционно в качестве такого мелиоранта фермеры применяют карбонатные природные породы – известняк и доломит. При этом одна тонна известняковой муки за 5–7 лет обеспечивает рост урожая, соответствующую в среднем полутонне зерна. Известкование закисленной почвы ЗШО является природоохранным и энергосберегающим мероприятием, позволяющим на 15–20 % снизить вклад азотных и фосфорных удобрений в почву, уменьшая загрязнение земли и растений, повышая экономические показатели сельхозпроизводства. Особо перспективной является глубокая (комплексная) пиротехническая переработка золошлаковых отходов с получением глинозема, кремнезема, концентрата железа и ряда металлов, используя это сырье в основе металлургических и химических технологий.

Переработка золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭЦ и использование их в производстве позволяет создать новые производства и расширить базу рабочих мест во многих промышленных технологиях и решить экологические проблемы в теплоэнергетике [1, 2]. Экологическая составляющая технологии рециклинга ЗШО ТЭЦ и требования законодательства по охране окружающей среды направлены на побуждение производителей на переработку отходов и рациональное природопользование. Важнейшей составляющей этой сферы деятельности является получение значительного экономического эффекта. Золошлаковые отходы могут использоваться при производстве широкого спектра строительных материалов для малоэтажного, коттеджного и дачного строительства, что, несомненно, оценят садоводы и огородники РФ. Большие перспективы имеют технологии применения золошлаковых отходов в производстве технологических смесей в промышленности: литейных масс, противогололедных смесей и наполнителей. В большинстве металлургических технологий тонкодисперсные отходы должны проявлять функции вязущих веществ, которые снижают расход дорогостоящих стандартных

связующих, полученных в промышленности [3, 4]. Подобные связующие можно использовать в химических отраслях промышленности [4 – 6].

Особый интерес представляет использование ЗШО в сырьевой смеси для производства неформованных огнеупорных материалов черной и цветной металлургии, машиностроения, химической промышленности: мертелей, засыпок, торкрет смесей, защитных покрытий, подварочных масс и др. Мертель муллитокорундовый (ММК) – огнеупорная тонкодисперсная масса, используемая в качестве связующего раствора для алюмосиликатных изделий, а также для обмазки поверхностей и заделки швов огнеупорной кладки. Из-за высоких огнеупорных и теплозащитных свойств муллитокорундовые мертели используют на ответственных участках работ по ремонту и строительству различных тепловых агрегатов во многих отраслях техники.

Согласно ГОСТ 6137-2015 (ранее 6137-97) выпускается несколько марок муллитокорундового мертеля – это ММК-72, ММКБ-75, ММК-77, ММК-85 и ММКФ-85. Числовое обозначение в аббревиатуре мертеля указывает на процентное содержание оксида алюминия (Al_2O_3). В таблице 1 отражены основные показатели наиболее распространенных огнеупорных мертелей.

Таблица 1 – Характеристики муллитокорундовых мертелей

Наименование показателя	Марка мертеля				
	ММК-72	ММКБ-75	ММК-77	ММК-85	ММКФ-85
Массовая доля, %, : оксида алюминия (Al_2O_3), не менее	-	75	77	85	85
оксида железа (Fe_2O_3), не более	1,5	2,5	1,6	0,9	-
оксида железа (Fe_2O_3), не менее					5
углекислого натрия (Na_2CO_3), в пределах	0,12- 0,18	-	0,12-0,18	-	-
лигносульфонатов (ЛСТ), в пределах	0,07- 0,13	-	0,07-0,13	-	-
Изменение массы при про- каливании, в пределах, %	1,6-3,0	1,6-3,0	1,6-3,0	1,2-1,9	-
Огнеупорность, °С, не ниже	1850	-	-	-	-
Массовая доля влаги, %, не более	5	5	3	2	-

Подварочная масса – материал, предназначенный для горячих видов ремонта деформированных слоев футеровки. Для производства подварочной массы при горячем ремонте рабочей футеровки тепловых агрегатов используется высококачественный магнезит, полученный спеканием с добавками на основе специального производственного процесса. Продукт является

наиболее подходящим материалом для горячего ремонта футеровки конвертеров и промышленных печей. Может быть использован как самостоятельный материал, так и в комбинации с подварочными брикетами и гранулами.

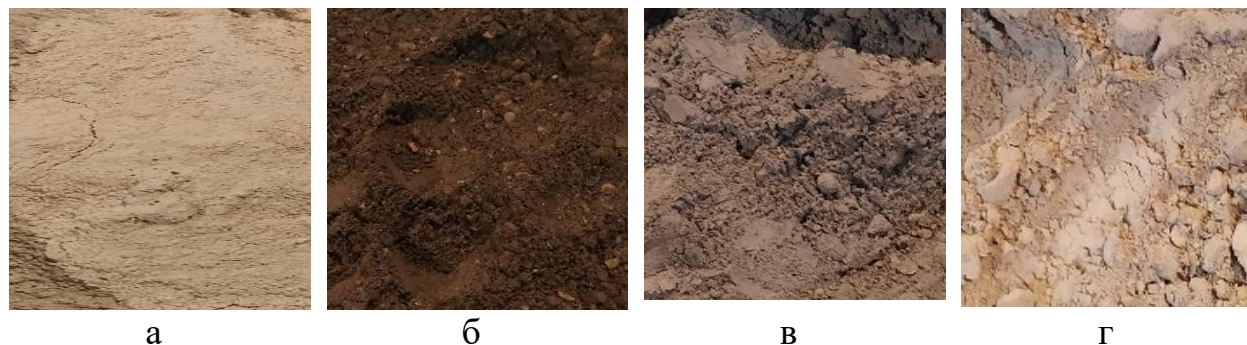
Торкрет-масса – неформованные порошкообразные (зернистостью от < 0,1 до 3 – 5 мм) огнеупорные материалы для нанесения покрытий или ремонта футеровок с помощью торкрет-машины. Торкрет-массы подразделяют на: шамотные и высокоглиноземистые (для ремонта футеровок сталеразливочных ковшей, шахт доменных печей), известковопериклазовые и известковые с углеродными добавками (для факельного торкретирования кислородных конвертеров), периклазовые и периклазохромитовые (для торкретирования стен и сводов печей, миксеров, ковшей, плавильных агрегатов ЦМ), кремнеземистые (для ремонта коксовых печей) и др. Процесс торкретирования явился теоретической и практической основой для создания струйных теплосиловых технологий в производстве окускованного железорудного сырья в металлургии [7, 8]. Эти технологии показали высокую эффективность в лабораторных испытаниях на полупромышленных установках [9, 10].

Мертель шамотный относится к категории строительных растворов специального назначения, используемых в печестроении. Он включает шамотный порошок и белую глину (каолин), смешанные в заданной пропорции. Основное назначение этого продукта – формирование межблокового теплозащитного слоя при сооружении футеровки на основе огнеупорного шамотного кирпича. Слой позволяет добиться повышенной прочности, исключает растрескивание и деформацию кладки. Отличительной особенностью шамотного мертеля является процесс упрочнения – он не застывает, а спекается с блоком после термического воздействия. Фасуется состав в упаковки потребительского объема, наиболее востребованы фасовки от 25 и 50 кг до 1,2 т. Основные характеристики шамотного мертеля: термостойкость – 1700–2000 °С; усадка при прокаливании – 1,3 [4 – 6]. 3 %; влажность – до 4,3 %; расход на 1 м³ кладки – 100 кг.

Целью работы являлось исследование возможности получения неформованных огнеупорных материалов на основе сыпучих ЗШО ТЭЦ.

Для исследования использовали очищенные от угля ЗШО Кузнецкой ТЭЦ, работающей на энергетических углях Ерунаковского месторождения. На первом этапе работы ЗШО сушили в печи при температуре 105 °С. После чего сыпучий материал рассеивали на стандартных 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 типичные огнеупорные материалы, используемые на АО «ЕВРАЗ ЗСМК», техническую воду и добавки ЗШО определенного фракционного состава. В процессе смешивания компонентов фиксировали время схватывания, определяемое по уменьшению пластических свойств массы, и оптимальную влажность смеси. Рабочую влажность смеси определяли визуально по отсутствию свободной влаги в емкости для смешивания и по превращению массы из пластического состояния в жидкотекучее. В состав прессовой установки входила металлическая пресс-форма, позволявшая

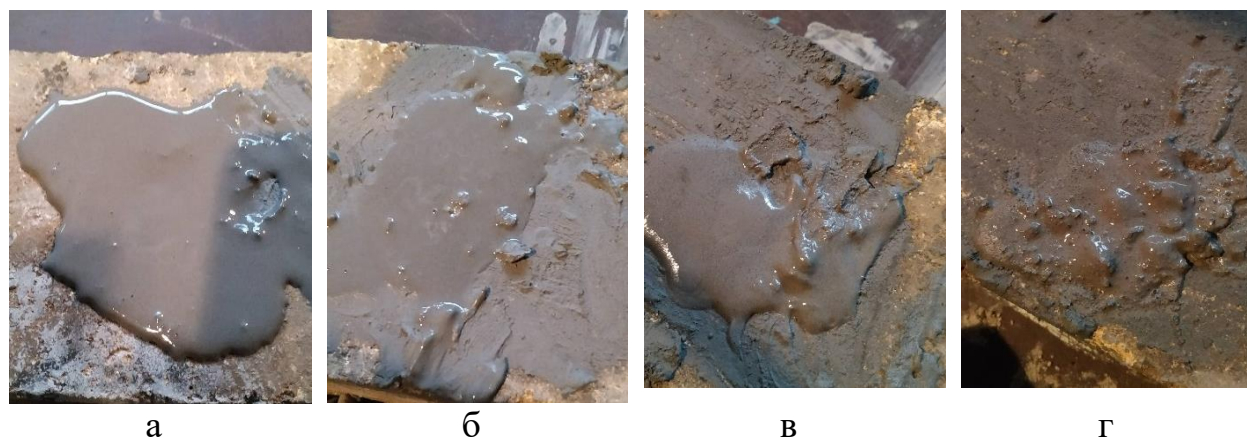
получать цилиндрические образцы размером 15×15 мм. Величину давления прессования фиксировали по шкале манометра. У образцов после измерений геометрических размеров и взвешивания вычисляли плотность и пористость. После вылеживания и затвердевания определяли прочность на сжатие. Макроструктура неформованных огнеупорных материалов, используемых в экспериментах, показана на рисунке 1.



а – муллитокорундовый мертель, б – подварочная масса,
в – торкрет масса, г – шамотный мертель

Рисунок 1 – Макроструктура огнеупорных материалов

Внешний вид затворенной массы на поверхности огнеупорного изделия показан на рисунке 2.



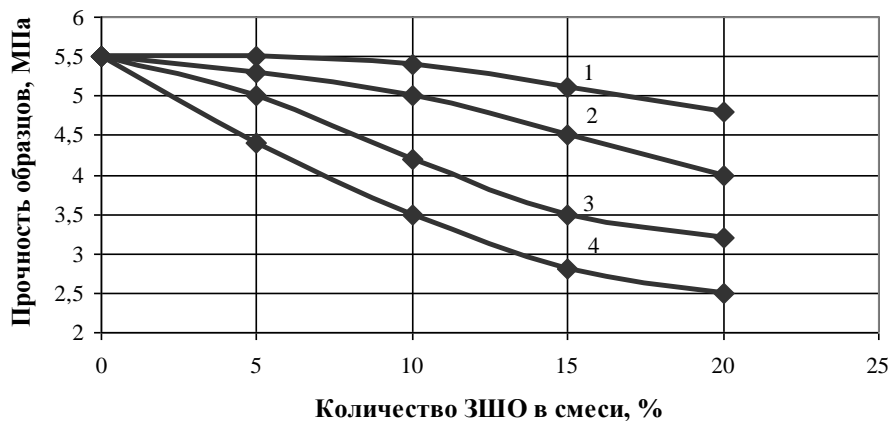
Размеры частиц ЗШО в огнеупорном мертеле, мм: а – 0 – 0,063;
б – 0,063 – 0,1; в – 0,1 – 0,2; г – 0,2 – 1,0

Рисунок 2 – Внешний вид массы из смеси огнеупорного мертеля и ЗШО

Полученные результаты экспериментов показаны на рисунках 1 – 4. Установили, что все составы на основе ЗШО образуют пластичную и однородную массу, хорошо теплоизолирующие зазоры между изделиями. Ее структура близка минеральной структуре стандартного материала. Добавки ЗШО позволяют добиться повышенной адгезии и прочности, исключают растрескивание и деформацию кладки. Особенностью технологии явилась необходимость повышенного увлажнения уплотнительной массы до 30 %,

поскольку в работе использовался тонкодисперсный состав (размер частиц менее 70–80 мкм) ЗШО в огнеупорном мертеле.

На втором этапе работы были получены лабораторные образцы из смеси огнеупорного мертеля и добавок ЗШО, у которых после естественной сушки в течение 10 дней определили прочность на сжатие (рисунок 3).



Размер частиц ЗШО, мм: 1 – 0 – 0,1; 2 – 0,1 – 0,2; 3 – 0,2 – 1,0; 4 – 1,0 – 2,0

Рисунок 3 – Зависимость прочности образцов от размера частиц и количества ЗШО в смеси

Установили, что добавки тонкодисперсного ЗШО в количестве 10 %, у которых размер частиц не превышает 0,1 мм, не снижают прочности стандартного огнеупорного материала. Частицы ЗШО большего размера в структуре мертеля уменьшают прочность брикетов от 10 до 55 %, что известно из теории огнеупорных материалов. Добавки ЗШО с размером частиц менее 0,1 мм не ухудшают геометрических характеристик торкрет слоя (диаметр, толщину) и прочностные свойства, позволяя менять пористость массы, регулируя давление воздушно-шихтовой струи. Практически все добавки ЗШО существенно увеличивают коэффициент напыления массы – K , % на поверхности огнеупорного изделия, содержащего трещины, раковины, сколы и другие наружные дефекты. Повышением влажности напыляемой массы W , %, до 10–12 % можно повысить K до 77–80 % (рисунок 4).

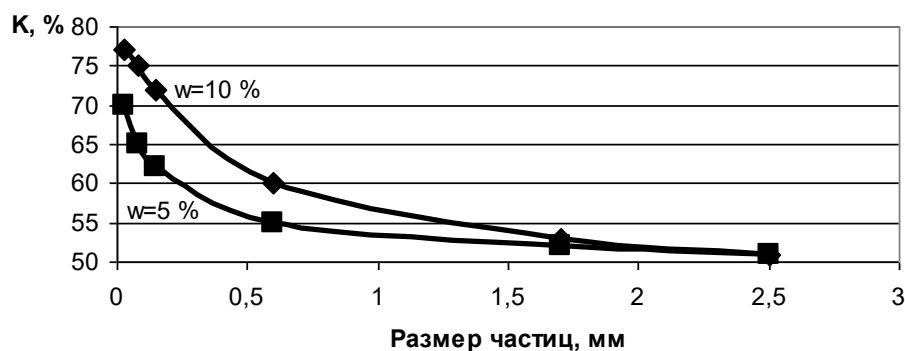


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента напыления торкрет массы от размера частиц ЗШО, содержащихся в огнеупорном материале

Золоткаковые отходы, особенно в тонкодисперсном виде, в торкрет смеси усиливают формующие и вяжущие свойства массы, создавая равномерное покрытие высокой прочности и плотности, что повышает газоплотность формируемой огнеупорной футеровки. По техническим характеристикам формируемое напыленное покрытие не отличается от торкрет слоя, полученного из стандартных сыпучих материалов. Эксперименты показывают, что применение ЗШО также рационально в строительном производстве для формирования плотных теплоизоляционных покрытий, где отсутствуют повышенные термические и технологические требования и ограничения, характерные для использования массы в высокотемпературных металлургических тепловых агрегатах.

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. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 268 с.
4. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.
5. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.
6. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 328 с.
7. Патент № 2630789 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ очистки газов от пыли / В.М. Павловец – № 2016152375. Заявл. 28.12.2016; Оpubл. 13.09.2017. Бюл. №26 //Изобретения. Полезные модели. 2019. – № 24.
8. Патент № 2567310 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ очистки газов от пыли / В.М. Павловец – № 2014122216. Заявл. 30.05.2014; Оpubл. 10.11.2015. Бюл. №31 //Изобретения. Полезные модели. 2015. – № 31.
9. Павловец В.М. Развитие принципов принудительного зародышеобразования в процессе получения железорудных окатышей / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2014. – № 10. – С. 15–22.
10. Павловец В.М. Формирование структуры железорудных окатышей, полученных с использованием теплосилового напыления влажной шихты / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2016. – № 10. – С. 857–863.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ

Домнин К.И., Павловец В.М.

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

Проведена оценка функционального назначения технологических добавок на различных этапах производственного маршрута окускования железосодержащего сырья. Представлена техника экспериментов и методика обработки экспериментальных данных. Обоснована необходимость формирования коагуляционных шихтовых агрегатов в структуре самовосстанавливающихся брикетов. Приведены результаты исследования динамики прироста массы компонентов брикетируемой шихты в структуре коагуляционных агрегатов в технологии избирательного смешивания. Проведена оценка развития макро- и микроструктуры коагуляционных агрегатов и показана их роль в прогнозировании скорости восстановления железосодержащего сырья.

Ключевые слова: коагуляционные агрегаты, прирост массы, компоненты шихты, восстановитель, порообразующие добавки, железосодержащие брикеты, технология избирательного смешивания

В железосодержащую шихту для производства металлургических брикетов вводят регламентированное количество технологических добавок, каждая из которых выполняет определенные задачи [1, 2]. Основной связующей добавкой, обеспечивающей необходимую транспортную и металлургическую прочность брикетов, является жидкое стекло, являющееся наиболее распространенным и доступным материалом, выпускаемым промышленностью в больших объемах [2, 3]. Жидкое стекло после смешивания с железосодержащими частицами и другими добавками склеивает их между собой и создает стандартную прочность брикетируемой массы, необходимую для выдерживания динамических и статических нагрузок при транспортировке и пирометаллургическом восстановлении. Для получения самовосстанавливающихся металлизированных брикетов и протекания первичного периода восстановления в шихту брикетов вводят восстановители – углеводородные добавки, которые при слабоокислительном или восстановительном обжиге железосодержащего сырья генерируют восстановительные газы [3, 4]. В настоящее время широко ведутся исследования по использованию нетрадиционных восстановителей техногенного происхождения в сфере подготовки сырья к металлургическому переделу [1, 5]. К числу нетрадиционных восстановителей относится отработанное минеральное масло (ОММ), являющееся перспективным техногенным отходом и обладающее рядом технологических преимуществ в производстве окускованного железосодержащего сырья [6–9].

Принудительное формирование реакционной структуры в определенной степени способны создавать порообразующие добавки (ПД), которые одновременно могут выполнять функцию нетрадиционных восстановителей. В качестве ПД в последнее время предложено использовать измельченные отходы растительного происхождения на основе стеблей обмолоченных сельскохозяйственных структур (пшеницы, ржи, ячменя и др.), которые позволяют формировать регламентированную пористость и дают возможность прогнозировать повышение скорости восстановления окускованных продуктов [10–12].

Механическая подготовка ПД преимущественно направлена на измельчение растительных частиц и подробно рассмотрена в источниках [9, 11, 12]. Наличие нескольких видов технологических добавок различного агрегатного состояния позволяет отказаться от традиционного процесса смешивания, при котором все добавки смешиваются одновременно, и организовать избирательное и последовательное смешивание компонентов с получением шихтовых коагуляционных агрегатов (КА) на основе ПД, из которых формируется прочная структура брикета.

Целью настоящей работы является исследование динамики прироста массы компонентов шихты для брикетирования железосодержащей массы в процессе избирательного смешивания с получением шихтовых коагуляционных агрегатов и подбор оптимальной дозировки компонентов и схемы подготовки шихтовой смеси для производства металлургических брикетов.

Методика экспериментов заключалась в следующем. Для брикетирования использовали железорудный концентрат (ЖК) Тейского месторождения ($Fe_{общ}=63,4\%$, $d_q=0,068$ мм). В качестве упрочняющей связки применяли 50 % раствор жидкого стекла (ЖС), обеспечивающий необходимую схватываемость массы в процессе технологических операций [6, 7]. Восстановителем являлось отработанное моторное масло ДВС, которое подогревали до 25, 50 и 90 °С в лабораторной электропечи. В качестве порообразующих добавок использовали фрагментированные трубчатые стебли зерновых культур диам. 1–2 мм и длиной 8–10 мм. Масса одного фрагмента ПД составляла 0,016–0,018 г. Фрагментированные частицы ПД являлись основой для формирования шихтовых коагуляционных агрегатов. В начале экспериментов ПД взвешивали на электронных весах типа VIBRA HT (Shinko Denshi НТР-220СЕ), обеспечивающих точность до 0,0001 г. Затем их помещали в один из вышеназванных компонентов и вручную перемешивали. На поверхности ПД формировался слой нового материала и ПД с этим слоем повторно взвешивали. После взвешивания ПД с первым материалом ее помещали в следующий материал и перемешивали, формируя на ПД второй слой и снова взвешивали. В конце экспериментов были сформированы КА, в центре которых располагались порообразующие добавки, на поверхности которых было сформировано три слоя материалов, располагавшихся в определенной последовательности. Структура режимов и последовательность перемешивания компонентов брикетируемой массы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура режимов и последовательность смешивания компонентов брикетируемой массы

№ режима	Последовательность смешивания компонентов брикетируемой массы			
	1	2	3	4
1	ПД	ОММ	ЖС	ЖК
2	ПД	ЖС	ОММ	ЖК
3	ПД	ОММ	ЖК	ЖС
4	ПД	ЖС	ЖК	ОММ
5	ПД	ЖК	ОММ	ЖС
6	ПД	ЖК	ЖС	ОММ

После вылеживания и затвердевания КА на воздухе визуально оценивали их макроструктуру и анализировали микроструктуру КА на металлографическом микроскопе Olympus GX-51 в ЦКП «Материаловедение» СибГИУ. После взвешивания ПД и компонентов брикетируемой массы на их поверхности рассчитывали относительные массы Θ_m , %, по выражению

$$\Theta_m = (M_i / M_o) \times 100,$$

где: M_o – исходная масса поробразующих добавок, г;

M_i – масса поробразующих добавок со слоем соответствующего i -го компонента смеси после перемешивания, г.

Прирост массы i -го компонента на поверхности ПД $\Delta\Theta_m$, %, рассчитывали по формуле:

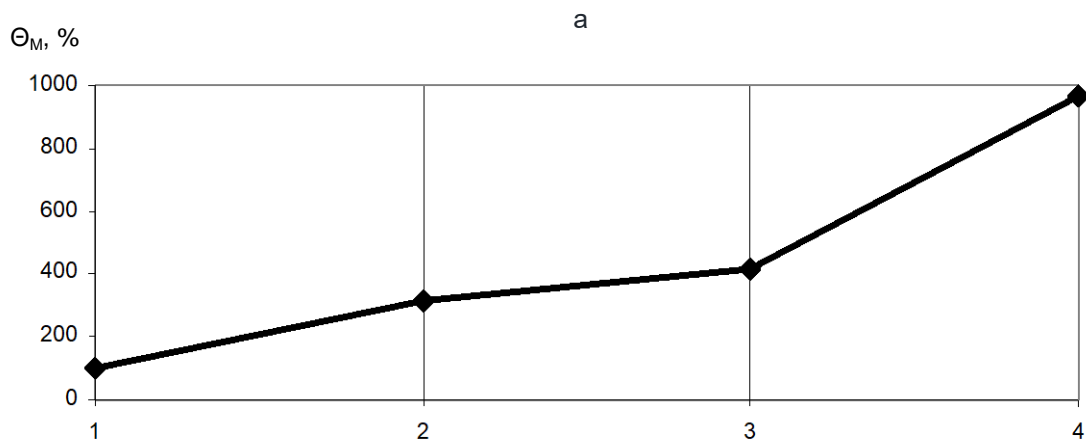
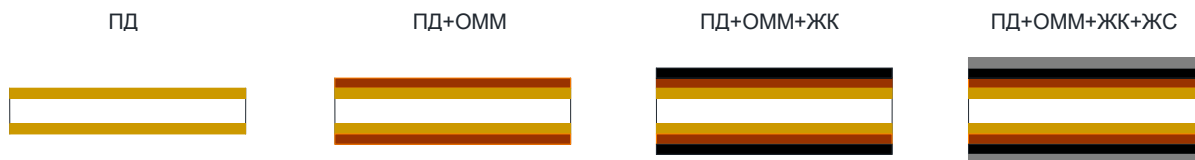
$$\Delta\Theta_m = \Theta_{m i} - \Theta_{m i-1}$$

где: $\Theta_{m i}$ – относительная масса ПД со слоем i -го компонента на ее поверхности, %;

$\Theta_{m i-1}$ – относительная масса ПД со слоем $i-1$ -го (предыдущего) компонента на ее поверхности, %.

Схема формирования слоев технологических добавок на поверхности ПД и динамика прироста массы поробразующих добавок показаны на рисунке 1. Зависимость прироста массы поробразующих добавок от температуры ОММ показана на рисунке 2.

В точке 1 (рисунок 1) для ПД значение Θ_m составляло 100 %. Как видно из полученных результатов (рисунок 2) относительная масса ПД после избирательного смешивания способна возрасти от 100 до 1551 % (режим 3, $t = 25$ °С), т.е., более чем в 15 раз. Для этого режима массовое содержание ПД в брикетируемой массе максимальное и составляет около 6,5 %. Это говорит о том, что еще до собственного брикетирования в процессе смешивания компонентов формируется первичное формообразование и упрочнение массы с образованием коагуляционных агрегатов (рисунок 3).



б

В позиции б относительная масса: 1 – ПД, 2 – ПД и ОММ, 3 – ПД, ОММ и ЖК, 4 – ПД, ОММ, ЖК и ЖС

Рисунок 1 – Схема формирования технологических добавок на поверхности ПД – а и динамика прироста относительной массы поробразующих добавок – б

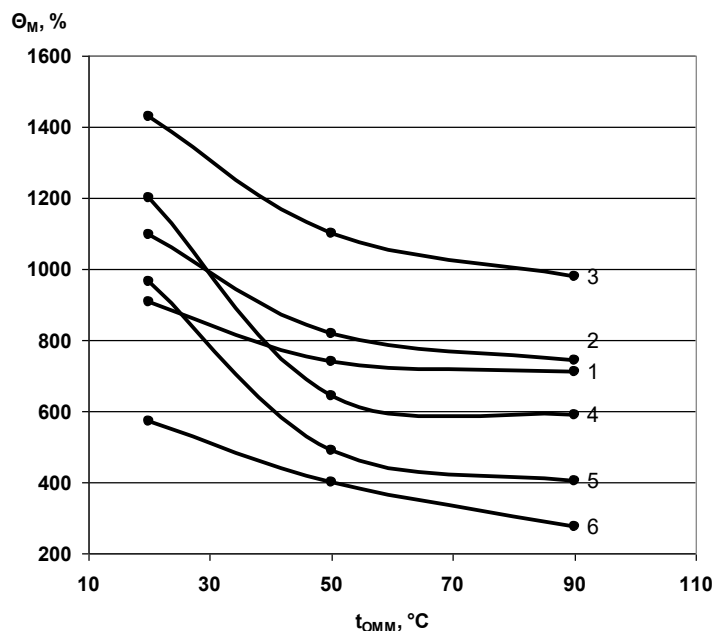


Рисунок 2 – Зависимость прироста относительной массы поробразующих добавок от температуры ОММ

В процессе последующего завершающего брикетирования эти агрегаты, обладающие первичной структурной прочностью, должны ее сохранить и сформировать прогнозируемую коагуляционную структуру брикета, показанную на рисунке 3.

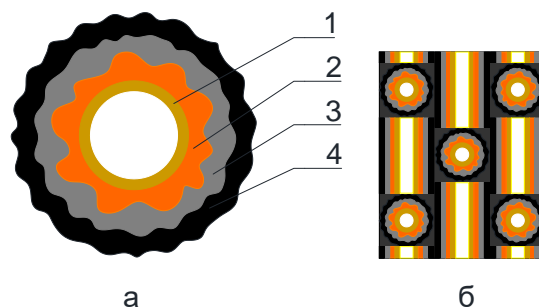


Рисунок 3 – Схема коагуляционного агрегата – а и сформированного железосодержащего брикета на его основе – б

Эти коагуляционные агрегаты, по предварительному прогнозу, в структуре брикетов должны сформировать очаги с повышенной скоростью восстановления оксидов железа. Находясь в структуре брикета, они упрочняются окружающим материалом, содержащим преимущественно концентрат и повышенное количество связующей добавки. Структура этих агрегатов и их прочность должны в максимальной степени удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к металлургическому сырью.

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. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.
3. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.
4. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 328 с.
5. Использование нетрадиционных восстановителей в производстве металлизированных брикетов /В.В. Ожогин, О.В. Жерлицина, А.П. Бочек, С.А. Коваль – Сталь. – 2007. – №1. – С. 96 – 99.
6. Павловец В.М. Использование техногенных отходов производства в технологии брикетирования железосодержащих материалов / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И.//Сборник трудов X X II Международной научно-практической конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество» «Металлургия-2021», Часть 2, 347 с., Новокузнецк, СибГИУ, 2021, с. 159-183.
7. Павловец В.М. Исследование процесса брикетирования железорудных материалов, содержащих в качестве нетрадиционного восстановителя отработанное минеральное масло / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. //Сборник трудов X X III Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», Выпуск 26, часть 2, 317 с, Новокузнецк,

СибГИУ, 2022, с. 225-231.

8. Патент № 2750432 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020133386/02, Заявл. 09.10.2020; Оpubл. 28.06.2021. Бюл. №5 //Изобретения. Полезные модели. 2021. – №19.

9. Патент № 2768073 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2021130684/02, Заявл. 20.10.2021; Оpubл. 23.03.2022. Бюл. №9 // Изобретения. Полезные модели. 2022. – №9.

10. Патент № 2698000 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2019117140/02, Заявл. 03.06.2019; Оpubл. 21.08.2019. Бюл. №24 // Изобретения. Полезные модели. 2019. – №24.

11. Патент № 2743435 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020104648/02, Заявл. 31.01.2020; Оpubл. 18.02.2021. Бюл. №5 // Изобретения. Полезные модели. 2020. – №5.

12. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы в металлургии / В.М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 268 с.

УДК 669.1:662

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИЕ КОАГУЛЯЦИОННЫЕ АГРЕГАТЫ

Домнин К.И., Павловец В.М.

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

Проведена оценка функционального назначения технологических добавок брикетируемой массы на различных этапах производственного маршрута. Представлена техника экспериментов и методика обработки экспериментальных данных. Приведены результаты исследования прочности металлургических брикетов, сформированных с помощью коагуляционных агрегатов по технологии избирательного смешивания. Показано влияние размеров порообразующих добавок на прочностные свойства брикетов. Проведена оценка развития макро- и микроструктуры брикетов, сформированных с помощью структурообразующих коагуляционных агрегатов, полученных по технологии избирательного смешивания.

Ключевые слова: железосодержащие брикеты, техника брикетирования, технология избирательного смешивания, коагуляционные агрегаты, компоненты шихты, жидкий восстановитель, порообразующие добавки.

Брикетиrowание железосодержащих материалов является одним из базовых процессов в подготовке сырья к металлургической плавке, опирающимся на процедуры дозирования компонентов, их смешивания и прессова-

ния смеси [1, 2]. Связующие добавки в этой технологии обеспечивают необходимую транспортную и металлургическую прочность брикетов, а в ряде случаев являются структурообразующими материалами [2, 3]. В качестве связующего в технике брикетирования наиболее часто используют жидкое стекло (ЖС), которое после смешивания с железосодержащими частицами и другими добавками формирует нормативную прочность брикетируемой массы (более 20–40 МПа). В шихту самовосстанавливающихся брикетов дополнительно вводят восстановители – углеводородные добавки, которые при термообработке генерируют восстановительные газы [3, 4]. В качестве жидкого восстановителя предложено использовать отработанное моторное масло (ОММ), являющееся ценным углеводородным техногенным отходом [5]. Установлено, что оно вносит ряд технологических преимуществ в производство окускованного железосодержащего сырья [6, 7]. Принудительное формирование регламентированной пористости способны выполнять порообразующие добавки (ПД), создающие проницаемые поры определенной структурной формы. В последние годы в технике окускования металлургического сырья в качестве ПД предложено использовать тонкоизмельченные отходы растительного происхождения на основе стеблей обмолоченных сельскохозяйственных культур (пшеницы, ржи, ячменя и др.), которые наряду со структурообразованием, в ряде случаев, позволяют упрочнять окускованные продукты и участвовать в процессе восстановления [8–10].

Вышеперечисленные добавки имеют различные поверхностные свойства (гидрофильность и вязкость жидкостей, рельеф, смачиваемость, плотность и пористость твердых), которые влияют на процесс смешивания и параметры смеси. Использование жидких восстановителей, в частности, отработанного моторного масла (ОММ) при смешивании с жидким стеклом в качестве связующего, более предпочтительно, поскольку смешиваемые компоненты находятся в одном агрегатном состоянии. При необходимости жидкость можно подогреть, распылить, разбавить и воздействовать на процесс смешивания известными физическими полями. Железосодержащие материалы, находящиеся в дисперсном сыпучем состоянии, напротив, требуют для равномерности смешивания более длительного времени и больших усилий для перемешивания с вязким жидким стеклом. При смешивании ЖС с менее вязким ОММ вязкость брикетируемой массы можно снизить нагреванием или растворителем и тем самым повысить качество смешивания. В наименее благоприятном положении в процессе смешивания находятся порообразующие добавки. Они, в отличие от железосодержащих частиц, имеют специфическую форму (трубчатую, игольчатую, желобчатую) и более крупные размеры ($d = 0,1-1,0 \times 1 = 1-5$ мм), пониженную плотность и низкую поверхностную пористость. Эта проблема решается путем модифицирования поверхности ПД (предварительным вымачиванием, механической обработкой, доизмельчением, специфическим нагревом и другими методами). После брикетирования частицы восстановителя должны плотно контактировать с железосодержащими частицами, обеспечивая максимальную скорость вос-

становления оксидов железа, а весь ансамбль перемешанных частиц в структуре брикета должен иметь нормативную прочность.

Сложность агрегатного состояния компонентов шихты требует особого подхода к формированию сырой массы. Технологическая схема получения брикетов, содержащих вышеуказанные добавки, включает механическую подготовку ПД, дозирование и смешивание компонентов с получением брикетируемой массы и ее брикетирование. Использование нескольких видов техногенных добавок различного агрегатного состояния позволяет отказаться от традиционного процесса смешивания, при котором все компоненты смешиваются одновременно, и организовать избирательное смешивание компонентов с получением шихтовых коагуляционных агрегатов (КА), интегрированных в структуру брикетов. Целью предложения по совершенствованию структуры брикетов явилось создание внутри брикетов зон на основе КА, обладающих повышенной скоростью восстановления. Формирование КА возможно с помощью избирательного смешивания компонентов массы, при котором на поверхности ПД формируется слоистая структура, состоящая из последовательно сформированных слоев материалов. Ключевым звеном в технологии избирательного смешивания является форма и размеры ПД. Поэтому этот фактор необходимо учитывать при разработке технологии брикетирования.

Целью настоящей работы является исследование процесса брикетирования железосодержащих материалов и структурообразующих коагуляционных агрегатов в технологии получения металлургических брикетов на основе техники избирательного смешивания.

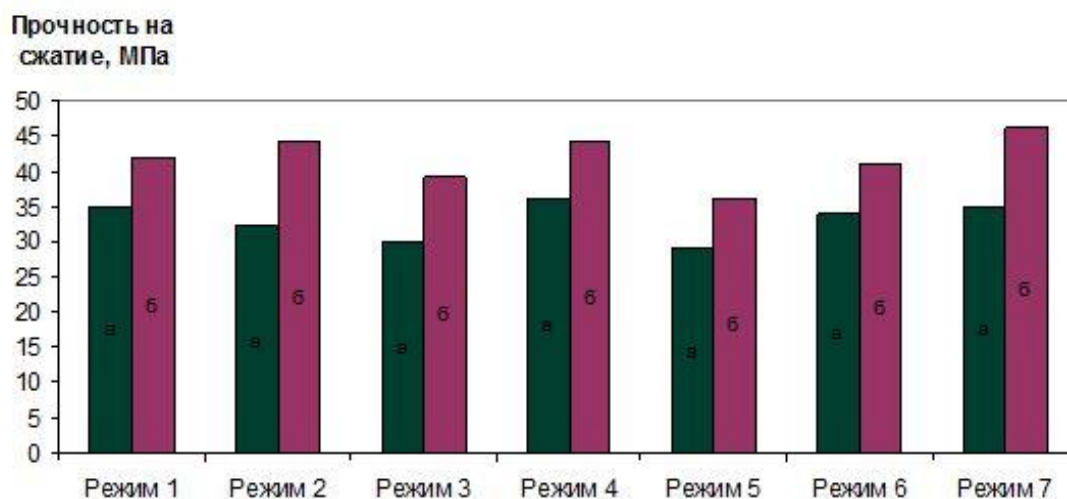
Методика экспериментов заключалась в следующем. Для получения брикетов использовали железорудный концентрат (ЖК) Тейского месторождения ($Fe_{\text{общ}}=63,4\%$, $d_{\text{ч}}=0,068$ мм). В качестве связующего применяли 50 % раствор жидкого стекла (ЖС), обеспечивающий необходимую вязкость и схватываемость массы в процессе технологических операций [6, 7]. Жидким восстановителем являлось отработанное моторное масло ДВС, содержание которого составляло 5 %. В качестве порообразующих добавок использовали измельченные трубчатые стебли зерновых культур. В первой серии опытов использовали ПД диам. 0,5–1,0 мм и длиной 0,5–4,0 мм, во второй серии более мелкие частицы - ПД диам. 0,1–0,5 мм и длиной 0,1–2,0 мм. Массовая доля ПД в каждом брикете составляла 1 %. Частицы ПД являлись основой для формирования шихтовых коагуляционных агрегатов. Для повышения достоверности результатов экспериментов дозирование проводили для каждого брикета массой 8–9 г на электронных весах типа VIBRA HT (Shinko Denshi НТР-220СЕ), обеспечивающих точность до 0,0001. Для формирования КА порообразующие добавки помещали в один из вышеуказанных компонентов и вручную перемешивали. На поверхности ПД формировался слой нового материала, после чего ее помещали в следующий материал и перемешивали, формируя на ПД второй слой. В конце экспериментов на поверхности ПД было сформировано три слоя материалов (ОММ, ЖС и ЖК). По-

сле вылеживания и частичной схватываемости массы КА помещали в остатки массы и перемешивали. Структура режимов и последовательность перемешивания компонентов массы приведены в таблице 1. После этого проводили брикетирование массы на лабораторном прессе при давлении 50 МПа и получали цилиндрические брикеты по форме Архимедова цилиндра ($d = 1 = 15$ мм). После вылеживания и затвердевания брикетов определяли их прочность, плотность, пористость. Визуально оценивали макро - и микроструктуру готовых брикетов и осколочных агрегатов, образовавшихся после измерения прочности. Анализ проводили с помощью металлографического микроскопа Olympus GX-51 в ЦКП «Материаловедение» СибГИУ.

Таблица 1 – Структура режимов и последовательность смешивания компонентов брикетируемой массы

№ режима	Последовательность смешивания компонентов брикетируемой массы					
	1	2	3	4	5	6
1	ПД	ОММ	ЖС	ЖК	КА	Смешивание КА и остатков компонентов
2	ПД	ЖС	ОММ	ЖК	КА	Смешивание КА и остатков компонентов
3	ПД	ОММ	ЖК	ЖС	КА	Смешивание КА и остатков компонентов
4	ПД	ЖС	ЖК	ОММ	КА	Смешивание КА и остатков компонентов
5	ПД	ЖК	ОММ	ЖС	КА	Смешивание КА и остатков компонентов
6	ПД	ЖК	ЖС	ОММ	КА	Смешивание КА и остатков компонентов
7	Одновременное смешивание ПД, ОММ, ЖС, ЖК					

Результаты экспериментов приведены на рисунке 1.

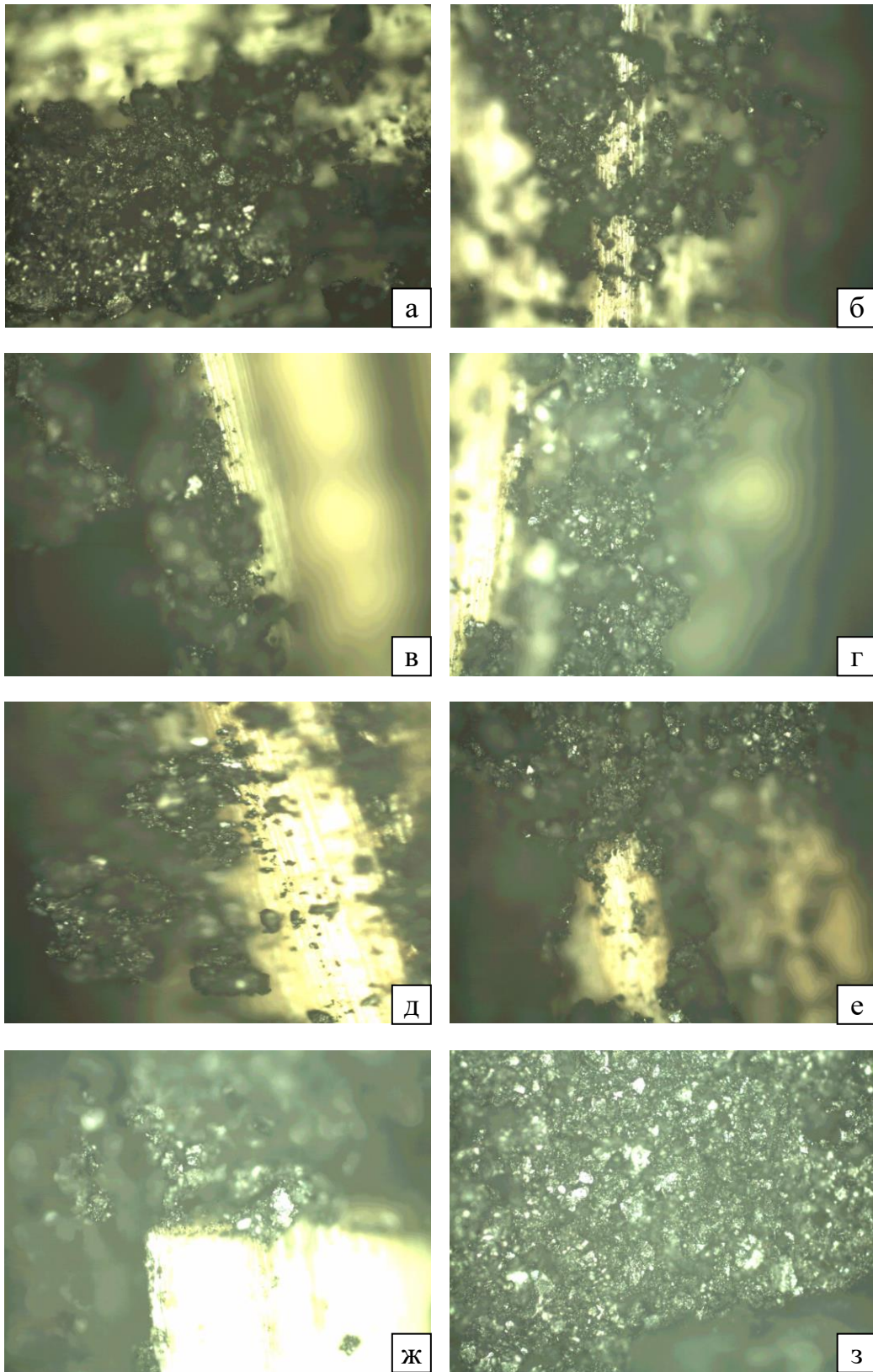


Размер порообразующих добавок: в позиции: а – диам. 0,5–1,0 мм и длина 0,5–4,0 мм, в позиции б – диам. 0,1–0,5 мм и длина 0,1–2,0 мм

Рисунок 1 – Зависимость прочности железосодержащих брикетов от режима смешивания компонентов брикетируемой массы (цифры у гистограмм) и размеров порообразующих добавок – а и б

Основным результатом исследований явилась принципиальная возможность получения прочных металлургических брикетов на основе многофазной компонентной базы. Установили, что прочность брикетов зависит от режима смешивания компонентов брикетируемой массы и размеров ПД. В режимах 1 и 3 получили наибольшие значения прочности. Близкие значения прочности зафиксированы для режимов 2 и 4. В этих режимах смешивания на поверхности ПД в процессе избирательного смешивания формируется прослойка масляной жидкости на основе ОММ и ЖС, которая пропитывает поверхность ПД и позволяет КА прочнее интегрироваться в структуру брикетов. На некоторых режимах смешивания (режимы 5 и 6) получили снижение прочности образцов на 20–30 % по сравнению с режимом 7, в котором все компоненты массы перемешивали одновременно. Объясняется это тем, что в процессе избирательного смешивания на поверхности ПД располагается слой сыпучего ЖК, препятствующий формированию упрочняющей прослойки из жидкой смеси на основе ЖС и ОММ. По-видимому, подобная структура КА не в полной мере интегрируется в тело брикета и является своеобразным концентратором напряжений, снижающим прочность образцов. Поэтому в процессе прессования от таких добавок легче отслаиваются частицы ЖС, насыщенные ОММ и ЖК. Наибольшее снижение прочности дают ПД крупных размеров, которые разрыхляют структуру брикетов. Снижение размеров ПД до игольчатого состояния повышает прочность брикетов ориентировочно на 10–15 %, но в этом случае растет количество КА относительно небольших размеров и соответственно КА небольшой массы, включая и массу жидкого восстановителя. Поэтому прогнозируемое повышение скорости восстановления в КА может быть недостаточно высоким.

Для объяснения результатов экспериментов был проведен анализ микроструктуры материалов. Микроструктура поверхности брикетов и их изломов после разрушения показана на рисунке 2. Излом образца позволяет проанализировать характер поверхности, по которой произошло разрушение, и оценить роль технологических добавок в этом процессе. В исследуемой массе анализу благоприятствует различный цвет добавок. Цвет ПД - светложелтый, ОММ - матовый, ЖК - черный. Жидкое стекло после затвердевания в структуре излома имеет белый или серый цвет, зависящий от вида и количества поглощенного материала. Общими закономерностями макроструктуры поверхности брикетов является достаточно плотное расположение всех компонентов смеси с минимальной пористостью. Порообразующие добавки в основном зафиксированы на поверхности изломов, а структура самих ПД и межграницных связей существенно отличается в разных режимах смешивания компонентов брикетируемой массы. На некоторых режимах смешивания межграницные связи имеют ровную поверхность, в других эта поверхность имеет более сложный рельеф и наличие конгломератов бесформенной массы.



Позиции а, б, в, г, д, е соответствуют режимам смешивания 1, 2, 3, 4, 5, 6; ж и з – режиму 7 (таблица 1). На фотографиях: светлое – поверхность ПД, серое – частицы ЖС, матовое – частицы ОММ, темное – частицы ЖК. Увеличение 200.

Рисунок 2 – Микроструктура КА на изломе брикетов

В процессе анализа на границах ПД и материала не обнаружено объемной пористости, являющейся причиной снижения прочности прессовки, что говорит о плотном межчастичном контакте компонентов и сохранении первичной структуры КА. В режиме 1 зафиксирована наиболее плотная структура материала, состоящая из смеси ЖС и ЖК, в том числе и на поверхности КА, через который светлыми фрагментами просвечивается поверхность ПД, пропитанная ОММ (рисунок 2, а). Частицы плотно расположены друг к другу и формируют поверхность КА, изобилующую структурными конгломератами, возвышенностями и углублениями. В режиме 2 микроструктура поверхности КА близка структуре КА в режиме 1, но на поверхности ПД сгруппированы более рыхлые конгломераты из материалов, состоящих из ЖК и ОММ. Подобная структура была зафиксирована в более ранних публикациях [6, 7]. На ней сосредоточены сферокоагулянты, в которых обнаружены фрагменты ОММ, поглотившие частицы ЖК (рисунок 2, б). Затвердевшие сферокоагулянты являются основой для повышения прочности окускованных продуктов. Частицы шихты также плотно расположены друг к другу, но кое-где в структуре КА зафиксированы застывшие извилистые пливуны, являющиеся результатом стекания жидкости. В режиме 3 на границе КА и сформованного материала сгруппировались крупные образования из жидкого стекла, содержащего частицы ЖК (рисунок 2, в). Характер граничной поверхности свидетельствует о хрупком отслоении массы в процессе приложения нагрузки, но к существенному снижению прочности брикетов это не привело. Здесь также зафиксированы затвердевшие пливуны извилистой формы, проделавшие в структуре КА поровые каналы. Вероятной причиной отслоений массы от КА также может быть неравномерная усадка в процессе затвердевания шихты на поверхности КА. В режиме 4 на границе КА зафиксирован затвердевший массив расплывшегося ОММ, содержащего частицы ЖС и значительное количество железосодержащего концентрата (рисунок 2, г). Тем не менее, плотная и замазанная поверхность КА обнаруживает потеки и мелкие отслоения массы от поверхности ПД. На рисунке 2, г показана макроструктура торцевой части ПД в теле брикета, полученного по режиму 5. На поверхности КА зафиксированы мелкие и равномерно распределенные фрагменты брикетируемой массы на основе ЖК, в которой обнаружены частицы ЖС и сферокоагулянты, содержащие ОММ. По-видимому, частицы ОММ, расположенные на последнем, третьем слое ПД, своим поверхностным натяжением и вязким поглощением частиц ЖК формируют более плотный рельеф границы КА, но в меньшей степени взаимодействуют с поверхностью ПД. В режиме 6 на поверхности КА зафиксированы мелкие сфероподобные коагулянты на основе ОММ и ЖС, сравнительно равномерно рассредоточенные на поверхности КА, близкие по своей структурной идентичности микроструктуре брикета в режиме 5 (рисунок 2, е). В режиме 7 (рисунки 2, ж, з) микроструктура брикета отличается наличием более мелких частиц ЖС на поверхности наблюдения и более равномерным распределением компонентов смеси по сечению брикета. По-видимому,

жидкие компоненты на основе ОММ и ЖС в меньшей степени откликаются на избирательность смешивания и способны в большей мере диспергироваться в массе брикета.

В процессе исследований установили принципиальную возможность получения прочных металлургических брикетов на основе сложной компонентной базы, включающей коагуляционные шихтовые коагулянты. Установили, что формировать структурные свойства железосодержащих брикетов можно избирательным смешиванием технологических добавок, вводимых в формуемую массу. Этот технологический прием позволяет сформировать в брикетируемой массе и в структуре брикетов шихтовые коагуляционные агрегаты, свойства которых позволяют прогнозировать повышение скорости восстановления железосодержащего сырья в ходе металлургической плавки.

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. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Москва: Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.

3. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва: Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.

4. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва: Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 328 с.

5. Павловец В.М. Использование техногенных отходов производства в технологии брикетирования железосодержащих материалов / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. //Сборник трудов X X II Международной научно-практической конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество» «Металлургия-2021», Часть 2, 347 с., Новокузнецк, СибГИУ, 2021, с. 159-183.

6. Павловец В.М. Исследование процесса брикетирования железорудных материалов, содержащих в качестве нетрадиционного восстановителя отработанное минеральное масло / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. //Сборник трудов X X III Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», Выпуск 26, часть 2, 317 с, Новокузнецк, СибГИУ, 2022, с. 225-231.

7. Патент № 2698000; Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2019117140/02, Заявл. 03.06.2019; Опубл. 21.08.2019. Бюл. №24 // Изобретения. Полезные модели. 2019. – №24.

8. Патент № 2743435 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020104648/02, Заявл. 31.01.2020; Опубл. 18.02.2021. Бюл. №5 / Изобретения. Полезные модели. 2020. – №5.

9. Патент № 2750432 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020133386/02, Заявл. 09.10.2020; Оpubл. 28.06.2021. Бюл. №5 //Изобретения. Полезные модели. 2021. – №19.

10. Патент № 2768073 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2021130684/02, Заявл. 20.10.2021; Оpubл. 23.03.2022. Бюл. №9 // Изобретения. Полезные модели. 2022. – №9.

УДК 669.162

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ КОАГУЛЯЦИОННЫХ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ

Домнин К.И., Павловец В.М.

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

Проведен анализ структуры коагуляционных шихтовых агрегатов, входящих в состав железосодержащих брикетов. Обоснована необходимость формирования коагуляционных агрегатов в структуре самовосстанавливающихся брикетов. Проведена оценка развития макро- и микроструктуры коагуляционных агрегатов и показана их роль в прогнозировании металлургических свойств железосодержащего сырья.

Ключевые слова: коагуляционные агрегаты, прирост массы, компоненты шихты, восстановитель, порообразующие добавки, железосодержащие брикеты, технология избирательного смешивания

Структурные характеристики коагуляционных шихтовых агрегатов, входящих в состав железосодержащих брикетов, в значительной степени определяют металлургические свойства окускованного сырья [1–3]. Необходимость формирования коагуляционных агрегатов в структуре самовосстанавливающихся брикетов продиктована созданием областей в структуре прессовки с повышенной степенью восстановления. Оценка развития макро- и микроструктуры коагуляционных агрегатов позволяет прогнозировать рост металлургических свойств железосодержащего сырья.

Целью настоящей работы является исследование структуры коагуляционных шихтовых агрегатов, вводимых в состав железосодержащих брикетов для улучшения металлургических свойств окускованного сырья.

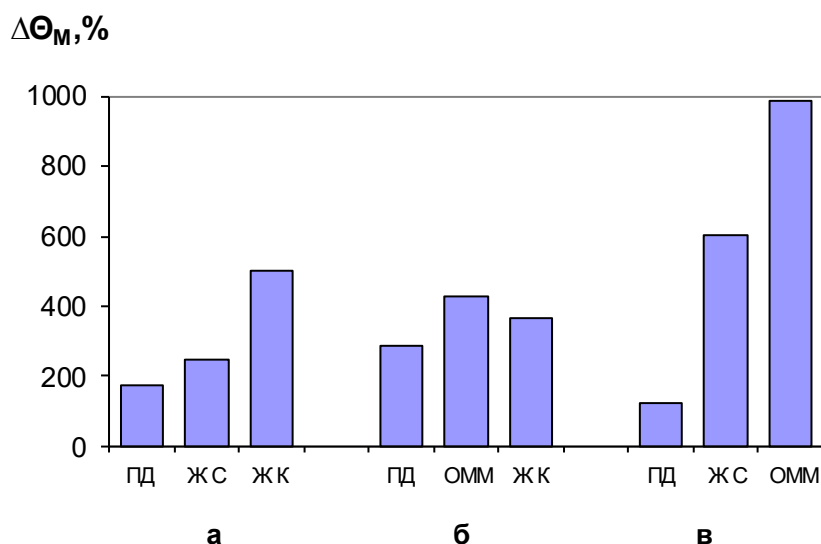
Методика экспериментов заключалась в следующем. Для брикетирования использовали железорудный концентрат (ЖК) Тейского месторождения ($Fe_{общ}=63,4\%$, $d_{ч}=0,068$ мм). В качестве упрочняющей связки применяли 50 % раствор жидкого стекла (ЖС), обеспечивающий необходимую схватываемость массы в процессе технологических операций [4, 5]. Восстановителем являлось отработанное моторное масло ДВС [5], которое подогревали до 25, 50 и 90 °С в лабораторной электропечи. В качестве порообразующих до-

бавок использовали фрагментированные трубчатые стебли зерновых культур диам. 1–2 мм и длиной 8–10 мм. Масса одного фрагмента ПД составляла 0,016–0,018 г. Фрагментированные частицы ПД являлись основой для формирования шихтовых коагуляционных агрегатов. В начале экспериментов ПД взвешивали на электронных весах типа VIBRA HT (Shinko Denshi НТР-220СЕ), обеспечивающих точность до 0,0001 г. Затем их помещали в один из вышеназванных компонентов и вручную перемешивали. На поверхности ПД формировался слой нового материала и ПД с этим слоем повторно взвешивали. После взвешивания ПД с первым материалом ее помещали в следующий материал и перемешивали, формируя на ПД второй слой и снова взвешивали. В завершающей стадии экспериментов были получены КА, в центре которых располагались порообразующие добавки, на поверхности которых было сформировано три слоя материалов, располагавшихся в определенной последовательности. Структура режимов и последовательность перемешивания компонентов брикетируемой массы для получения коагуляционных шихтовых агрегатов (КА) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура режимов и последовательность смешивания компонентов брикетируемой массы

№ режима	Последовательность смешивания компонентов брикетируемой массы			
	1	2	3	4
1	ПД	ОММ	ЖС	ЖК
2	ПД	ЖС	ОММ	ЖК
3	ПД	ОММ	ЖК	ЖС
4	ПД	ЖС	ЖК	ОММ
5	ПД	ЖК	ОММ	ЖС
6	ПД	ЖК	ЖС	ОММ

Установлено (рисунок 1), что на поверхности ПД, обладающей развитым микрорельефом, способны эффективно коагулироваться все компоненты, принимающие участие в формировании КА. Максимальное значение $\Delta\Theta_m$ на твердой поверхности ПД формирует ЖС ($\Delta\Theta_m = 288\%$), затем ОММ ($\Delta\Theta_m = 176\%$) и после этого ЖК ($\Delta\Theta_m = 122\%$), находящийся в другом агрегатном состоянии. Когда на поверхности ПД формируется прослойка жидкости из ОММ или ЖС, то значение $\Delta\Theta_m$ для железорудного концентрата многократно возрастает: на ЖС ($\Delta\Theta_m = 605\%$), на ОММ ($\Delta\Theta_m = 995\%$). Это связано с вязким поглощением твердых частиц ЖК жидкостями, обладающими низким поверхностным натяжением. У ОММ сила поверхностного натяжения существенно ниже, чем у ЖС и ее можно снизить увеличением температуры или применением поверхностно активных растворителей. При этом ПД достаточно эффективно пропитываются ОММ, что визуально подтверждается изменением цвета ПД. Взаимодействие ОММ и ЖС в ходе избирательного смешивания также неоднозначное.



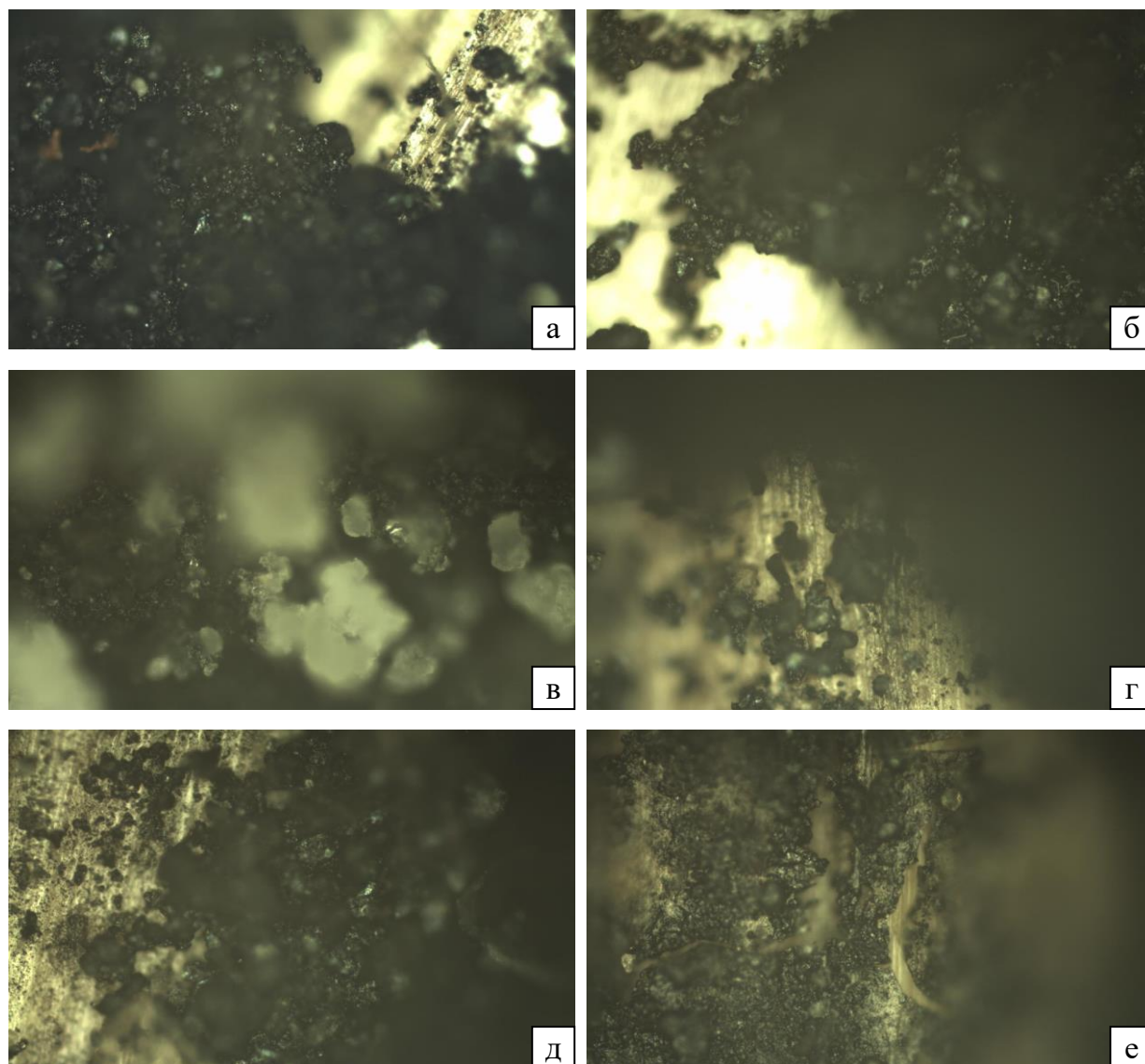
а – ОММ; б – ЖС; в – ЖК

Рисунок 1 – Величина относительной массы соответствующего компонента КА (а, б, в), агрегированного поверхностью ПД или коагулированного слоя соответствующего материала (ОММ, ЖС, ЖК), расположенного на поверхности ПД

Процесс формирования массы ПД, содержащей на поверхности ОММ, с ЖС менее эффективный (режим 6, $t = 25^{\circ}\text{C}$), поскольку при последующем перемешивании ОММ смывается с поверхности ПД жидким стеклом. Обратная схема (ПД→ЖС→ОММ→ЖК) роста массы более эффективна, когда ЖС, содержащееся на поверхности ПД, в значительно меньшей степени смывается ОММ и способно эффективно поглощать ОММ и ЖК (режим 5, $t^0 = 25^{\circ}\text{C}$). По-видимому, наибольший прирост массы дает поглощение ЖК любой технологической жидкостью (ОММ, ЖС), поэтому слой сыпучего ЖК должен быть сформирован между ОММ и ЖС. Режим, при котором твердая поверхность ПД взаимодействует с ЖК, осложняется смывом частиц с поверхности ПД и характеризуется насыщением ее этими жидкостями. Поэтому получить на поверхности ПД в чистом виде массивный слой из ЖК затруднительно.

Напрашивается вывод о том, что наиболее эффективен режим, при котором на поверхности ПД можно сформировать слой жидкости, уже содержащей частицы ЖК.

Анализ макроструктуры фрагментов в процессе их вылеживания и затвердевания показывает, что часть ОММ вытекает из структуры КА, содержащего минимум сыпучего материала (рисунок 2). Установлено, что минимальное количество ОММ вытекает в режимах 5 и 6, а максимальное количество ОММ теряется в режимах 2 и 3. По-видимому, в свободном, бездозировочном режиме смешивания КА способен поглотить повышенное количество ОММ, но в процессе вылеживания оно не успевает скоагулироваться с ЖС и ЖК и сформировать вязкую слаботекущую структуру КА.



Позиции а, б, в, г, д, е соответствуют режимам смешивания 1, 2, 3, 4, 5, 6 таблицы 1. На фотографиях: светлое – поверхность ПД, серое – частицы ЖС, матовое – частицы ОММ, темное – частицы ЖК, $\times 200$.

Рисунок 2 – Микроструктура поверхности коагуляционных агрегатов

Можно предположить, что в этих режимах затруднен физический контакт ОММ со связующим. Повышение температуры ОММ для всех режимов проявляется однозначно. Прирост относительной массы компонентов для всех режимов уменьшается на 10–40 %. Объяснить указанную закономерность можно снижением вязкости ОММ и уменьшением толщины масляной прослойки на поверхности ПД. Можно предположить, что если в процессе смешивания компонентов ОММ не прореагирует с ЖС и ЖК с образованием вязкой суспензии, то при последующей термообработке брикетов, когда его температура будет повышаться, масляная пленка может стекать с поверхности ПД и произойти пропитка маслом окружающих материалов.

Общими закономерностями микроструктуры КА (рисунок 2) является

то, что в плоскость наблюдения преимущественно попадает поверхностный слой. При этом для некоторых КА выявлено незначительное количество отслоившихся частиц, которые освобождают поверхность ПД от налипшего материала и облегчают анализ микроструктуры. На свободной поверхности ПД различаются структурные впадины и возвышенности продольной формы, заполненные остатками шихты.

На некоторых обнажениях зафиксированы растительные волокна различной конфигурации. На поверхности КА, полученного по режиму 1, зафиксировали слой из частиц ЖК, через которые светлыми фрагментами просвечивают частицы ЖС (рисунок 2, а). Частицы плотно расположены друг к другу, но формируют развитую поверхность КА, изобилующую структурными конгломератами, возвышенностями и впадинами. Микроструктура поверхности КА, полученного в режиме 2, близка структуре КА, сформированного по режиму 1. На ней зафиксирован слой из частиц ЖК, в котором обнаружены фрагменты ОММ, поглотившие частицы железорудного концентрата (рисунок 2, б). Частицы шихты также плотно расположены друг к другу, но кое-где в структуре КА зафиксированы застывшие извилистые пливуны, являющиеся результатом стекания жидкости. На некоторых участках КА обнаружены более рыхлые и пористые области. На поверхности КА, полученного по режиму 3, сформировались крупные образования из жидкого стекла, содержащего частицы ЖК (рисунок 2, в). В процессе анализа микроструктуры КА ожидаемого сплошного слоя из ЖС не обнаружили, поскольку, по-видимому, после кристаллизации произошло частичное растрескивание массы. Причина заключается в том, что ЖК слабо агрегирован на поверхности ПД и способен отслоиться и разрушить слой из ЖС. Здесь также зафиксированы затвердевшие пливуны извилистой формы, проделавшие в структуре КА глубокие каналы. Возможной причиной отслоений массы на КА может быть неравномерная усадка в процессе твердения массы. В режиме 4 на поверхности КА зафиксирован сплошной массив затвердевшего ОММ, содержащего, по-видимому, частицы ЖС и повышенное количество железосодержащего концентрата (рисунок 2, г). Тем не менее, плотная и замазанная поверхность КА обнаруживает мелкие отслоения массы от поверхности ПД. На поверхности КА, полученного по режиму 5, зафиксированы мелкие и достаточно равномерно распределенные фрагменты ЖС, в которые агрегировано небольшое количество железорудного концентрата (рисунок 2, д). Не исключено что, частицы ОММ, расположенные на предыдущем, третьем слое, своим поверхностным натяжением и вязким поглощением формируют более ровный рельеф поверхности КА. На поверхности КА, сформированного по режиму 6, зафиксированы мелкие сфероподобные коагулянты на основе ОММ и ЖС, сравнительно равномерно рассредоточенные на поверхности КА (рисунок 2, е). Можно предположить, что две жидкости, расположенные в контактирующих слоях, способны сформировать более равномерную поверхность КА за счет растекания смеси. Но смесь жидкостей повышает вероятность стекания массы с поверхности ПД, поэтому здесь зафиксировано по-

вышенное количество плывунов, которые формируют извилистые порообразующие каналы и увеличивают вероятность отслоений от поверхности ПД.

Проведенные эксперименты показали принципиальную возможность получения прочных коагуляционных агрегатов из сложной компонентной базы, являющейся минеральной основой для брикетирования железосодержащих материалов. Установлено, что изменение относительной массы коагуляционных агрегатов и массы компонентов брикетируемой шихты на ПД происходит в зависимости от режима избирательного смешивания и температуры жидкого восстановителя. Поровая структура брикетируемой массы на основе шихтовых коагуляционных агрегатов, полученных по технологии избирательного смешивания, позволяет прогнозировать повышение скорости восстановления железосодержащего сырья.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Москва: Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.
2. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва: Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.
3. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва: Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 328 с.
4. Павловец В.М. Использование техногенных отходов производства в технологии брикетирования железосодержащих материалов / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. // Сборник трудов X X II Международной научно-практической конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество» «Металлургия-2021», Часть 2, 347 с., Новокузнецк, СибГИУ, 2021, с. 159-183.
5. Использование нетрадиционных восстановителей в производстве металлизированных брикетов / В.В. Ожогин, О.В. Жерлицина, А.П. Бочек, С.А. Коваль – Сталь. – 2007. – №1. – С. 96 – 99.
6. Павловец В.М. Исследование процесса брикетирования железорудных материалов, содержащих в качестве нетрадиционного восстановителя отработанное минеральное масло / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. // Сборник трудов XXIII Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», Выпуск 26, часть 2, 317 с, Новокузнецк, СибГИУ, 2022, с. 225-231.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ ИЗ ОТХОДОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Лопатина А.О., Павловец В.М.

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

Обоснована проблема переработки твердых отходов техногенного происхождения для производства тротуарной плитки. Показана роль нерудных отходов в структуре ресурсосбережения строительного производства. Представлена характеристика источников сырья техногенного происхождения для получения тротуарной плитки.

Ключевые слова: отходы техногенного происхождения, промышленное производство, тротуарная плитка, строительное производство, технология переработки, перспективы использования отходов.

Твердые нерудные отходы металлургического и горнорудного производства широко используют в качестве сырья для производства строительных изделий и материалов строительного назначения, в дорожном строительстве, при сооружении дамб, перекрытий и в других строительных технологиях. Использование переработанных отходов 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 [1–3]. Требования законодательства в области экологии и охраны окружающей среды в последнее время усилились и обусловлены тем, что значительные объемы вскрышных и горных пород, золы, шлака, пустой породы, отработанных материалов скопились в отвалах, занимающих ценные сельскохозяйственные угодья. Они неблагоприятно воздействуют на экологическое и санитарное состояние, ландшафтный дизайн населенных пунктов. Отвалы загрязняют воздушный и водный бассейны и меняют химико-минерального состава почв и сельхозугодий, угнетают жизнедеятельность биоресурсов. Загрязнение атмосферы пылью отвалов при сильных ветрах и неблагоприятных погодных условиях (повышенная влажность воздуха, туманы, ливни, талые воды) негативно влияет на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Поэтому переработка шлакоотвалов и отходов любого производства благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе.

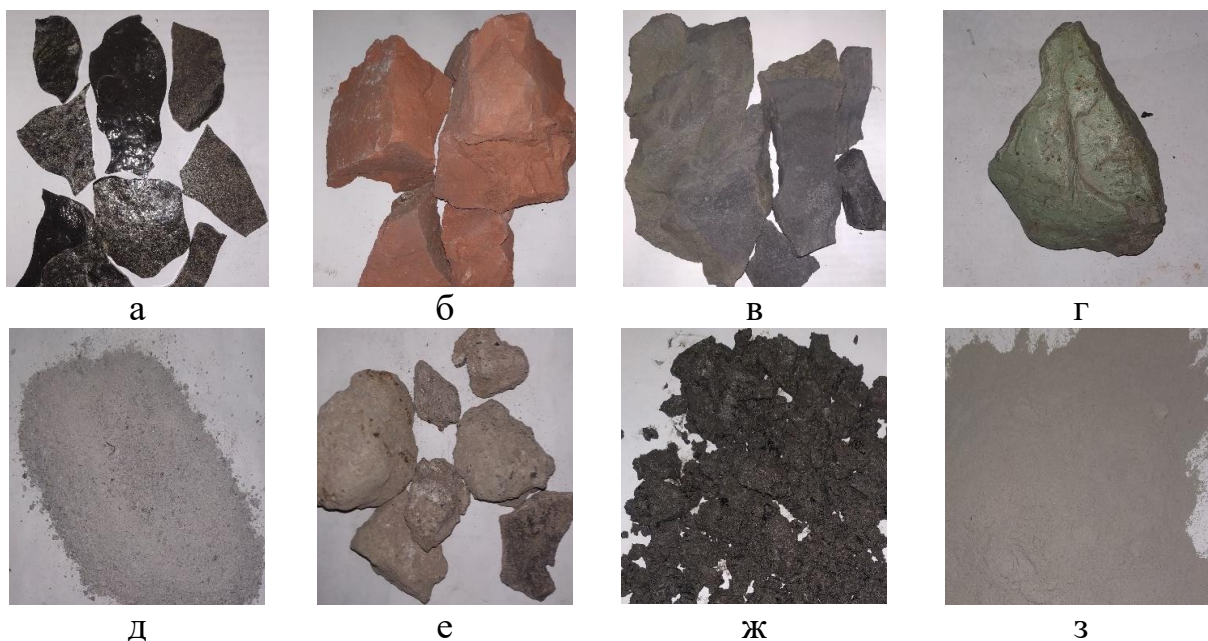
Одной из современных проблем производства строительных изделий (строительные блоки, кирпичи, кровельная черепица, тротуарная плитка) является их полная или частичная окраска поверхности, необходимые для придания ей эстетичного внешнего вида. В некоторых строительных технологи-

ях актуальным является нанесение надписей на ее поверхности или противогололедных рифлений. Надписи и окраска элементам поверхности изделий придают эстетичный вид зданиям и сооружениям, тротуарному покрытию и дорожному полотну. Для решения подобного рода задач широко используют отходы металлургического производства, имеющие разнообразную цветовую окраску [4].

Целью настоящей работы было исследование технологии окраски строительных изделий и нанесение надписей на их поверхности с помощью цветных сыпучих отходов тяжелой промышленности.

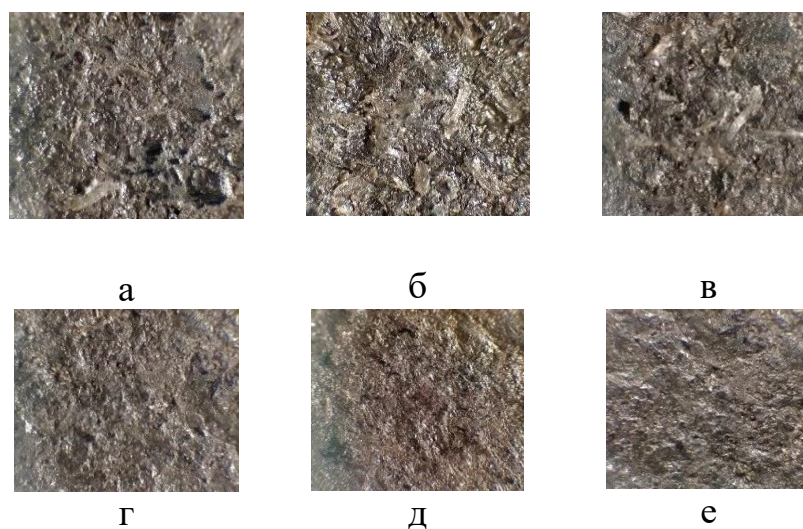
В качестве сырьевого наполнителя для производства тротуарной плитки использовали золошлаковые отходы (ЗШО) Кузнецкой ТЭЦ. Сырьевая смесь содержала 25 % строительного цемента, 20 % технической воды в качестве пластификатора, остальное ЗШО. Давление прессования сырой массы на ручном прессе составляло 50 МПа. Цвет изделию придавали ЗШО и он менялся от темно-серого после прессования, до светло-серого после сушки. В качестве материалов для окраски изделий использовали кусковые отходы металлургической и горнорудной промышленности Кузбасса: плавленный золошлак ТЭЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (цвет матово-черный), доменный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (цвет темно-серый), шлак конвертерного производства 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 промышленности Кузбасса и связующей добавки показаны на рисунке 1.

После дробления этих материалов установили, что они имеют различную прочность и соответствующую склонность к измельчению. Часть материалов в процессе измельчения потеряли эстетический 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. В экспериментах использовали три материала, не потерявшие контрастный вид после обработки и обладающие ярким насыщенным цветом: конвертерный шлак АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (на изломе цвет ярко-зеленый), твердые породы шахтных отвалов (на изломе цвет матово-черный), горелые породы шахтных отвалов (на изломе цвет светло-оранжевый). Эти материалы после дробления были разделены по стандартным 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. Можно добавить, что указанные материалы могут быть успешно использованы для получения стандартных строительных изделий и наполнителей в строительной промышленности, либо использоваться в качестве технологических добавок в других отраслях техники. В ходе экспериментов установили, что ведение этих компонентов в состав сырьевой смеси на основе ЗШО в количестве 5–20 % не привело к существенному изменению цвета сформованных 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 кусковых и дисперсных техногенных отходов



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 повышенным содержанием связки, которая обладает ультрадисперсным составом (размер частиц строительного цемента 0–5 мкм), который обволакивает поверхность частиц красителей (размер частиц которых намного выше 50–500 мкм) и, в отсутствие термообработки, поглощает цвет окрашиваемой массы. На этом этапе экспериментов сделали

вывод о том, что для появления цвета у изделия на основе ЗШО требуется использование красителя с ультрадисперсным наполнителем и с более высоким содержанием порошка в формуемой смеси (свыше 20–40 %). Подобные выводы сделали авторы работы [2], в которой предложено в качестве дисперсного наполнителя для красящего пигмента использовать железосодержащие пыли и шламы красного цвета. К этому можно добавить, что эти сырьевые материалы являются дополнительным вторичным сырьем для производства первичного металла в черной металлургии [5, 6]. Достоинством технологии, опубликованной в источнике [2], считают исключение из технологического процесса стадий сушки и измельчения, высокую эффективность окрашивания и увеличение прочности силикатного кирпича после окрашивания до 28 МПа. В настоящей работе повышенным содержанием красителя в формуемой смеси достигнуто окрашивание строительного изделия от светло-серого до темно-коричневого. Подобное изменение цвета происходит после обжига магнезиальных огнеупорных блоков, содержащих более 10 % оксидов железа, используемых в качестве интенсификатора спекания [2].

В настоящей работе после анализа полученных результатов приняли решение о целесообразности окраски измельченными отходами производства тонкого поверхностного слоя изделия. Наиболее простым методом окраски поверхности изделия сыпучими отходами с помощью дозатора является механическое засыпание окрашивающим порошком влажной поверхности изделия, на которой расположен трафарет. В ходе экспериментов установили, что для некоторых режимов окраски методом свободного засыпания требуется последующее механическое уплотнение массы трамбовкой и выравнивание поверхности, что требует специальных технологических приемов. Эта методика окраски является простой и менее затратной в производстве строительных изделий, но и маломеханизированной.

В ходе последующих экспериментов было установлено, что более эффективным способом окраски явился метод аэродинамического напыления окрашивающего порошка на влажную поверхность сформованного изделия. Метод аэродинамического напыления широко применяется в технике формообразования, упрочнения и торкретирования в различных отраслях промышленности [2, 5, 6]. Основным технологическим устройством в этом производстве является струйный аппарат (СА), напыляющий на жесткую основу влажный или полусухой сыпучий материал сжатым воздухом [2, 5, 6–8]. Предметом исследования на данном этапе экспериментов были геометрические и цветовые характеристики окрашенного слоя, полученного методом напыления. Визуально оценивали результаты аэродинамического взаимодействия струи сжатого воздуха, насыщенного окрашивающим порошком, с напыляемой поверхностью изделия. Результаты экспериментов представлены в виде зависимости диаметра (d) и толщины окрашиваемого слоя (h) от безразмерного расстояния L/d (где L – расстояние между соплом струйного аппарата и поверхностью изделия, d – диаметр сопла СА, м) и влажности изделия W (рисунок 3).

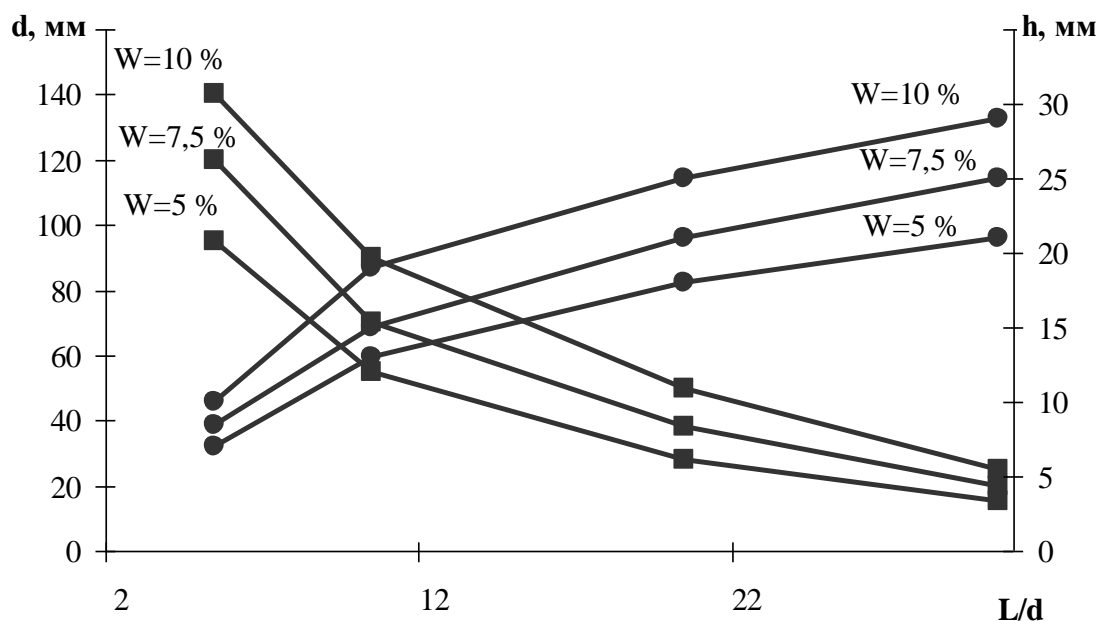


Рисунок 3 – Геометрические размеры напыленного слоя на поверхности окрашиваемого изделия в зависимости от безразмерного расстояния и влажности изделия (на графике: ■ – h; ● – d)

Установили, что частицы размером менее 0,5 – 1,0 мм легко поглощаются окрашиваемой массой. Они окрашивают поверхность изделия только при содержании красителя, превышающем 40 – 50 %. Если для окраски использовать частицы размером более 0,5 – 1,0 мм, которые труднее поглощаются сырой массой, то содержание их в поверхностном слое может быть снижено до 20 – 40 %. Зависимость, приведенная на рисунке 3, позволяет по размерам напыляемого изделия (размеры нормального изделия составляют 230×115×65 мм) в поточном производстве подобрать диаметр и толщину окрашенного напыленного слоя, сформированного струйным аппаратом. Если параметры напыленного слоя не приводят к желаемому результату (окраске поверхности изделия), например, при грубом помоле частиц или малой толщине окрашиваемой поверхности, то можно повысить концентрацию окрашивающего порошка в потоке газа-носителя, повысить влажность порошка или организовать последовательное напыление поверхности несколькими струйными аппаратами. Полученные результаты экспериментов позволяют выбрать режим струйного напыления порошкового красителя с минимальным нарушением структуры напыляемой поверхности и с максимальной поверхностью окрашивания. В этом режиме напыления не требуется модификации поверхности и удаления с нее избытка отработанного порошка.

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 основе измельченных частиц на поверхность сформованного изделия имеет высокую степень механизации процесса и минимальное количество ручного труда, возможность реализации непрерывной производственной линии для получения строительных изделий с широкой цветовой гаммой. Эта технология обладает высокой универсальностью и легко внедряется в действующее производство строительных изделий. Для реконструкции оборудования можно использовать комбинированное техническое решение, в котором учитываются все достоинства рассмотренных способов окраски строительных изделий. Преимуществом предложенного метода окраски поверхности изделия, упрочняемого строительным цементом, является наличие низких температур сушки и отсутствие высокотемпературного обжига. Однако, если изделие упрочняется высокотемпературной сушкой или обжигом, то нужно учитывать, что в процессе термообработки цвет изделия, содержащего краситель, может существенно измениться. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке технологии производства строительных изделий и подбирать термоустойчивые красители.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.
2. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 268 с.
3. Ожогин В. В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В. В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010.– 442 с.
4. Переработка железосодержащих пылевидных отходов металлургического производства в пигмент для окраски строительных изделий / В. Б. Федосеев [и др.]. Бутлеровские сообщения. Тематический раздел: Химико-технологические исследования. Регистрационный код публикации: 13-35-9-94, Казань, 2013.Т. 35. №9. с. 94 – 102.
5. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.
6. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 328 с.

7. Павловец В.М. Развитие принципов принудительного зародышеобразования в процессе получения железорудных окатышей / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2014. – № 10. – С. 15–22.

8. Павловец В.М. Исследование процесса получения влажных окатышей с использованием принудительного зародышеобразования / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. – № 6. – С. 15–20.

УДК 666.76

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Радиковская Е.С., Павловец В.М.

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

Проведена оценка использования лома огнеупорных материалов и продуктов переработки в промышленности. Показана роль огнеупорных отходов в структуре энерго- и ресурсосбережения. Представлены результаты исследования процесса получения формованных огнеупорных образцов на основе лома отработанных огнеупорных изделий.

Ключевые слова: отработанные огнеупорные футеровки, промышленное производство, формованные огнеупорные изделия, способы и перспективы использования лома огнеупорных изделий.

Огнеупорные материалы широко используются в большинстве тяжелых отраслей техники. Физико-химические и эксплуатационные характеристики огнеупоров непосредственно влияют на уровень технико-экономических показателей производственных процессов, как их энергоемкость, безопасность, безотходность, экологичность, себестоимость и др. Главное эксплуатационное требование, которое предъявляется к огнеупорам, заключается в обеспечении высокой стойкости футеровок тепловых агрегатов (плавильные печи, конверторы, миксеры, желоба, разливочные ковши и др.) и элементов их конструкций (подины ковшей, летки, фурмы, шибберные затворы и т.д.) [1, 2]. Они должны противостоять предельным температурным (статического, динамического или циклического характера), механическим, абразивным и химическим воздействиям со стороны расплавов металлов, шлаков, печных газов и других химически агрессивных продуктов, участвующих в производственном цикле. Огнеупоры, предназначенные для высокоэффективных футеровок тепловых установок, должны обладать повышенным комплексом свойств, отвечающим насущным требованиям производства [1–5]. В зависимости от условий эксплуатации огнеупоры могут обладать как высокой плотностью и низкой пористостью (главным образом, открытого типа), так и, наоборот, высокопористой и низкоплотной теплоизолирующей структурой. В первом случае монолитные огнеупоры должны

применяться в качестве рабочего слоя футеровок, находящегося в прямом контакте с расплавами металлов и шлаков и надежно перекрывать проникновение продуктов производственного процесса внутрь футеровки. Высокоплотные малопористые огнеупоры должны обладать и достаточно высокой теплопроводностью для быстрого отвода тепла от рабочей поверхности футеровки. Они также должны выполнять теплоизоляционные функции многослойной футеровки производственного агрегата.

Наибольший расход огнеупоров приходится на металлургическое производство, где потребляется более 70 % всей выпускаемой огнеупорной продукции [1–4]. Из этого количества материалов около 50–70 % (по разным источникам) приходится на сталеплавильное производство. Значительно меньший расход огнеупоров приходится на доменное, прокатное, метизное и вспомогательное производство. Удельный расход огнеупоров в сталеплавильном производстве колеблется в пределах 5–10 кг на тонну выплавляемой стали и дополнительно контролируется числом плавов. В прокатном производстве, оснащенном нагревательными и термическими печами, удельный расход огнеупоров составляет 2–6 кг на тонну стали. Зная удельный расход огнеупоров, нетрудно рассчитать количество образующегося лома огнеупорных изделий на крупном металлургическом комбинате, выплавляющего более 5 млн. т стали в год, или для всего металлургического комплекса РФ.

Переработка лома отработанных огнеупорных футеровок (ООФ) и использование их в производстве позволяет расширить источник сырья для многих промышленных технологий и решить экологические проблемы в металлургии, теплоэнергетике и химическом производстве [1, 2]. Экологическая основа технологии рециклинга и требования законодательства по охране окружающей среды обусловлены тем, что значительные объемы лома футеровок, золы и шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Золо- и шлакоотвалы при неблагоприятных погодных и климатических условиях (повышенная влажность воздуха, туманы, сильные ветры, снегопады) формируют вторичное загрязнение окружающей среды, отрицательно влияют на здоровье людей, на продуктивность сельскохозяйственных угодий, на жизнедеятельность биоресурсов. Поэтому переработка ломо-, зо-ло- и шлакоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе.

Основное количество огнеупорного лома образуется на предприятиях черной и цветной металлургии и в литейных производствах машиностроительных заводов. Значительное количество огнеупорного лома образуется в устройствах для разлива стали, в сталеразливочных ковшах, которые футеруются преимущественно химически стойкими алюмосиликатными огнеупорами. При ремонтах воздухонагревателей доменных и коксовых печей образуется лом муллитокремнеземистых, муллитовых, муллитокорундовых и корундовых изделий. Большое количество лома ООФ образуется после капитального ремонта высокотемпературных нагревательных и термических

печей в машиностроительной и нефтехимической промышленности. На предприятиях фарфоро-фаянсовой, электрокерамической, абразивной промышленности образуется лом карбидкремниевых изделий и теплоизоляционных материалов. В промышленной теплоэнергетике лом огнеупоров представлен преимущественно шамотными и диновыми изделиями [6, 7]. Внешний вид лома отработанных огнеупорных футеровок нагревательных печей показан на рисунке 1.



а

б

в

а – стандартные огнеупорные изделия; б – лом отработанных огнеупоров плавильной печи; в – лом отработанных огнеупоров нагревательной печи

Рисунок 1 – Внешний вид огнеупорных изделий и лома отработанных огнеупорных футеровок

Разборка огнеупорной футеровки печей и других тепловых агрегатов на большинстве предприятий производится с применением малой механизации с элементами ручного труда. Разборка футеровки начинается с верхнего горизонта - со свода печи. Перед его разрушением в печи устанавливают сборные стальные короба, затем свод обрушивают завалочной машиной. После этого короба с отходами кладки перемещают на рабочую площадку, где производится первичная ручная разборка. Затем производится разборка торцевых стен печи. Для удаления отработанной футеровки в шлаковики вводят скрепер-машины, которые загружают отработанные огнеупоры и шлак в сборные контейнеры. Далее контейнеры транспортируются на сортировочные площадки. Начальная стадия сортировки ООФ происходит непосредственно у самих агрегатов, где производится выборка кондиционного на 70-100 % годного для повторного использования кирпича. Годный лом собирается в контейнеры и отправляется потребителю. На некоторых крупных металлургических комбинатах действуют установки по механизированной сортировке огнеупорного лома. При разборке огнеупорного лома для извлечения металлических корольков, имеющих в нем, используется магнитная сепарация. Схема магнитной сепарации огнеупорного лома показана на рисунке 2.

Перед магнитной сепарацией материал фракции размером менее 20 мм, оставшийся после ручной сортировки, поступает в шаровые барабанные мельницы, работающие в комплексе с грохотом, где лом измельчается до размера частиц не более 3 мм. Измельченный лом с помощью ленты подает-

ся на магнитные сепараторы. После сепарации лом либо направляется заказчику, или поступает на дополнительную переработку. Чаще всего, огнеупорный лом используется как вторичное сырье для производства огнеупоров. Шамотный лом применяется при изготовлении обычного и ваграночного кирпича, в производстве пористой керамики, жаропрочных бетонов. Магнезиальный лом используют при изготовлении периклазохромитовых и хромитопериклазовых изделий и порошков.

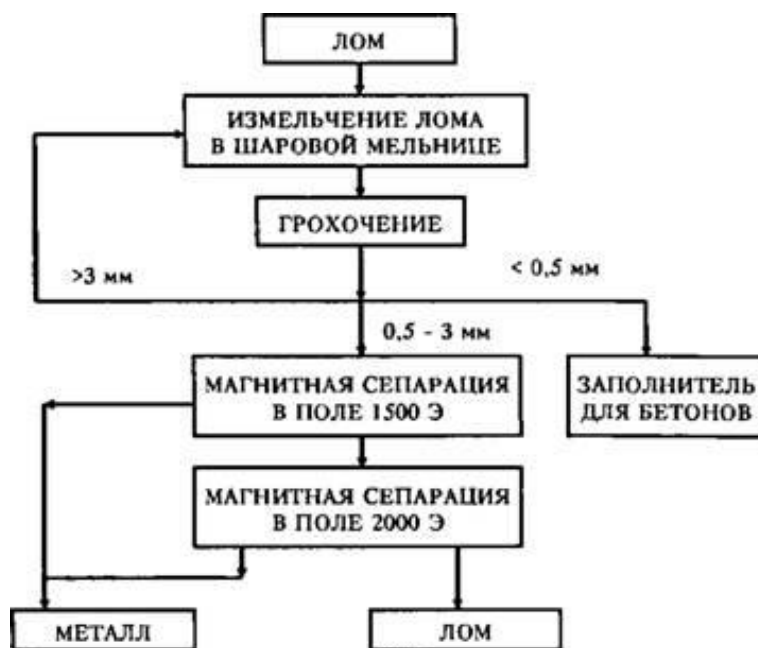


Рисунок 2 – Схема магнитной сепарации огнеупорного лома

Лом диносовых изделий применяют в огнеупорной промышленности при изготовлении бетонных и диносовых блоков, а такж для наружной облицовки сооружений. Лом муллитокремнеземистых, муллитовых и муллитокорундовых изделий используют при производстве уплотнительных высокоглиноземистых масс для кладки разливочных ковшей. Вторичные огнеупорные материалы широко используют на машиностроительных предприятиях и заводах цветной металлургии. Слабдеформированные огнеупорные изделия, отобранные при ремонте печей, идут в кладку этих печей. Повторное использование огнеупорных изделий экономически эффективно, так как не требует дополнительных затрат ручного труда и энергии и позволяет экономить первичные огнеупоры.

Фактически отходы огнеупора – это высококачественные сырьевые материалы, прошедшие трехкратную термическую обработку (обжиг или плавление): первая – первичный обжиг сырья, вторая – обжиг изделий или плавление материалов и третья – служба в футеровках тепловых агрегатов. Лом огнеупоров должен соответствовать техническим условиям, которые регламентируют пористость, дефектность, зашлакованность, наличие примесей и посторонних включений, а также определяют химико-минералогический состав. Перед утилизацией лом огнеупоров необходимо

рассортировать по химико-минералогическому составу, очистить от включений шлака и металла, отделить лом с сильно деформируемой структурой.

Складируют отходы огнеупоров в штабели или контейнеры погрузочными средствами (погрузчиками, кранами и т.д.), подают в транспортные средства. Сортировку производят послойно, используя бульдозер или экскаватор. Оставшиеся мусор, шлак и другие строительные материалы удаляют на переработку. Распространенные строительные механизмы – бульдозер, погрузчик и экскаватор могут в значительной степени облегчить условия труда выборщиков – сортировщиков и поднять производительность их труда. Удобным механизмом для сортировки и обогащения лома огнеупоров является ленточный конвейер с шириной ленты 500–800 мм, оборудованный приемным бункером с лотковым или пластинчатым питателем, позволяющий выполнять доступные операции. Огнеупорный лом подается в бункер погрузочными средствами из склада или штабеля. Куски более 300 мм возвращаются на повторное дробление. Подобная установка действует в настоящее время на Северском трубном заводе (г. Полевской, Свердловской области), где перерабатывается около 7 тыс. т лома огнеупоров в год. Более механизированным является участок по переработке и обогащению вторичных огнеупоров, построенный на ОАО «ММК». Продукция, получаемая в результате переработки, предназначена для удовлетворения нужд комбината, а также для отправки сторонним потребителям (рисунок 3).



а



б



в

а – огнеупорный щебень; б – отсортированные изделия; в – металлические включения, извлеченные магнитной сепарацией

Рисунок 3 – Продукты переработки лома отработанных огнеупорных футеровок

Способом использования отработанных огнеупорных футеровок может являться изготовление форм по выплавляемым моделям. Для изготовления литейной формы используют следующие огнеупорные материалы: мелкодисперсную основу суспензии, посыпку и опорный материал. Общими требованиями к материалам для производства литья являются: высокая огнеупорность (как правило, не ниже 1500 °С); низкий температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР); отсутствие полиморфных превращений при нагревании и охлаждении; химическая стойкость при нагревании. Чаще других для изготовления оболочковых форм используют кварц, дистенсилиманит, циркон, высокоглиноземистый шамот (муллит), электроко-

рунд (белый), диоксид циркония стабилизированный, оксид магния (магнезит), шпинель, оксид кальция спеченный. Шамотные огнеупоры в печах проходят многократную циклическую термическую обработку и в них происходит муллитизация, которая придает наибольшую термическую стойкость и понижение коэффициента расширения у ООФ. Переработанные огнеупорные материалы различаются по размерам зерен. В суспензию вводят мелкозернистые огнеупоры – размер фракций 0,05–0,063 мм. Для обсыпки применяют зернистые огнеупоры фракций 0,2–0,315 мм для первого и второго слоев покрытия, 0,63 мм для последующих слоев. В качестве основного опорного материала применяют огнеупоры наиболее крупных фракций – размером зерен 1–3 мм. Широки возможности технологии переработки лома ООФ для производства востребованных огнеупорных торкрет масс.

Пример перспективного использования отходов огнеупоров можно привести на АО «ЕВРАЗ ЗСМК», где группа компаний СИБПРОЕКТ приобрела в собственность и ведёт переработку отвала огнеупорных отходов. Перерабатываются в готовую продукцию и вновь образующиеся отходы. Этой кампанией организованы и ведутся работы по переработке огнеупорных отходов ООО «Топкинский цемент», ОАО «Искитимцемент», предприятий Красноярского края и Урала. В ЮУГТУ (г. Челябинск) предложено использовать технически подготовленный лом шамотных огнеупоров в качестве окислителя органических кислот и адсорбента для очистки воды от фенола и нефтепродуктов. Экспериментальным путем определено оптимальное содержание лома шамотного огнеупора в системе для очистки воды и необходимую кислотность очищаемого раствора.

На лабораторной базе СибГИУ (г. Новокузнецк) разработаны технологии использования тонкоизмельченного лома различных типов огнеупора в качестве связующих материалов и дисперсного наполнителя для разного типа неформованных огнеупорных и строительных материалов. Технологии рециклинга огнеупоров предложено использовать для получения мертелей, заполнителей, уплотнительных смесей, теплоизоляционных засыпок, торкрет смесей, подварочных масс и огнезащитных покрытий в металлургической и строительной промышленности.

В качестве предложения для использования ООФ на бытовом уровне можно рекомендовать изготовление изделий для производства огнезащитных ограждений низкотемпературных печей и бытовых топок для жилых коттеджей. В состав смеси для производства низкотемпературных огнеупоров включают наполнители, пластификаторы, связующие добавки и компоненты, придающие определенный цвет всей массе или формирующие рисунок на поверхности изделия.

Целью настоящей работы явилась разработка технологии получения огнеупорных сформованных образцов в лабораторных условиях на основе продуктов переработки отработанных огнеупорных футеровок.

Эксперименты проводили в учебных лабораториях БТЛ кафедры теплоэнергетики и экологии СибГИУ. На первом этапе работы крупные образ-

цы ООФ дробили на лабораторной щековой дробилке. После чего проводили рассев материалов по фракциям на лабораторных ситах, вычисляли степень дробления и строили график распределения частиц дробленых огнеупоров по размерам (рисунок 4).

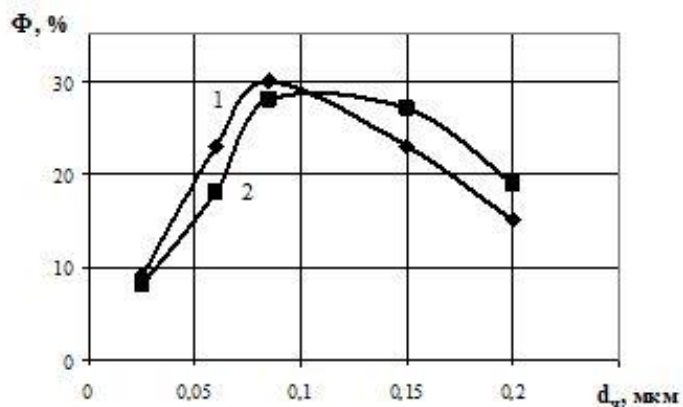


Рисунок 4 – Фракционный состав дробленой массы на основе шамота – 1 и динаса – 2

Установили, что фракционный состав материалов зависит от вида огнеупора в составе ООФ и его прочности. Стандартная прочность шамотных огнеупоров пористостью 20–25 % составляет 25–30 МПа. Прочность на сжатие динасовых огнеупоров пористостью 18–20 % выше и составляет 30–40 МПа, что отразилось на фракционном составе дробленных материалов. В итоге установили, что средний размер частиц динаса примерно на 10–15 % выше, чем у частиц дробленого шамота.

На втором этапе работы из полученных порошков соответствующего фракционного состава прессовали образцы под давлением 100 МПа, используя в качестве связки строительный цемент и в качестве пластификатора (увлажнителя) - техническую воду. После затвердевания цемента у образцов определяли прочность на сжатие. Для другой части образцов выполняли шлифы, анализировали микроструктуру поверхности, определяли пористость и размеры пор, по методике, описанной в источниках [1–3]. Результаты экспериментов приведены на рисунке 5.

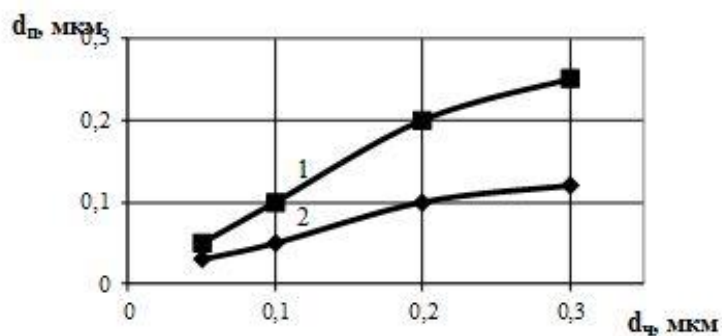


Рисунок 5 – Зависимость размера пор у образцов, полученных из дробленой смеси на основе шамота – 1 и динаса – 2, от размеров частиц огнеупорного наполнителя на основе ООФ

В ходе экспериментов было установлено, что прочность полученных образцов существенно зависит от вида и среднего размера частиц огнеупорного наполнителя и режимных параметров прессования. Увеличение размеров частиц огнеупорного наполнителя на основе ООФ практически линейно повышает размер пор на поверхности шлифа огнеупорного изделия (рисунок 5). Близкие результаты получены при формировании напыленных покрытий в технике подготовки железорудного сырья в металлургии [8–10]. Размер пор является важной структурной характеристикой огнеупора, от которой зависят теплофизические и эксплуатационные свойства всей огнеупорной футеровки печи. Низкий размер пор увеличивает прочность, термо- и шлакоустойчивость изделия, но уменьшает теплопроводность и газопроницаемость. Для удовлетворения всем требованиям готовой продукции технологи находят компромиссное решение. Среднее значение пористости огнеупоров, используемых для сооружения футеровок основных металлургических агрегатов, по стандартным условиям составляет 20–25 %. У теплоизоляторов, используемых преимущественно в нагревательных печах и в котлоагрегатах промышленной теплоэнергетики, этот интервал существенно выше и равен 30–50 % [1, 5, 6]. Среднее значение размера пор огнеупоров составляет 0,05–0,15 мм, у теплоизоляторов этот интервал существенно выше - 0,15–0,5 мм. Используя результаты полученных экспериментов, можно подобрать режимные условия прессования и параметры прессуемой смеси на основе ООФ для производства огнеупорных или теплоизоляционных формованных изделий, применяемых для изготовления теплосберегающих футеровок промышленных тепловых устройств.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
2. Радиковская Е.С., Суржик Н.Е., Павловец В.М. Анализ технологий переработки лома огнеупорных футеровок / Е. С. Радиковская, Н. Е. Суржик, В.М. Павловец // Сборник трудов X X III Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», Выпуск 26, часть 2, 317 с, Новокузнецк, СибГИУ, 2022, с. 175–179.
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. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
5. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.
6. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.

7. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий / Г.Ф. Быстрицкий. – Москва: Академия, 2006. – 304 с.

8. Павловец В.М. Формирование структуры железорудных окатышей, полученных с использованием теплосилового напыления влажной шихты / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2016. – № 10. – С. 857–863.

9. Павловец В.М. Исследование термостойкости железорудных окатышей, полученных с использованием теплосилового напыления влажной шихты / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2015. – № 2. – С. 83–87.

10. Павловец В.М. Развитие принципов принудительного зародышеобразования в процессе получения железорудных окатышей / В.М. Павловец // Известия вузов. Черная металлургия. – 2014. – № 10. – С. 15–22.

УДК 669.162

АНАЛИЗ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА МАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ И БРЕКСОВ

Елизаркина Ю.Ю., Яичникова О.В., Павловец В.М.

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

Проведена оценка функционального назначения технологических добавок на различных этапах производственного маршрута для получения железосодержащих брикетов и брексов. Показаны возможности технологии при использовании техносферного вторичного сырья в качестве компонентной базы для брикетирования. Представлен список технологических операций и проанализированы режимные параметры технологии. Приведены результаты экспериментов по определению коэффициента равномерности твердых включений в брикетируемой массе.

Ключевые слова: компоненты смеси, железосодержащий наполнитель, восстановитель, порообразующие добавки, связующие компоненты, железосодержащие брикеты и брексы, технологические операции.

В железосодержащую шихту для производства металлургических брикетов и брексов вводят заданное количество технологических добавок, каждая из которых выполняет определенные задачи [1–3]. Основным компонентом железосодержащих брикетов и брексов являются рудные и техногенные материалы, содержащие оксиды железа. В настоящей работе, используя возможности Интернета, подготовили список основных железосодержащих наполнителей, применяемых для производства брикетов и брексов в черной металлургии (таблица 1). Основными компонентами шихты для производства брикетов являются разнообразные отходы металлургического производства. Железосодержащий концентрат и рудная мелочь используются в

незначительных количествах, поскольку для ее окускования применяют широко используемые в РФ агломерационный процесс и технику для производства окатышей. В производстве брикетов и брексов менее жесткие требования по гранулометрическому составу железосодержащего наполнителя. В их производстве допускается применение частиц размером от 0,05 до 0,5 мм. В некоторых источниках этот предел повышают до 5 мм. Это требование относится и к флюсующим добавкам. Флюсующие добавки применяют для производства офлюсованного окускованного сырья.

Таблица 1 – Список железосодержащих наполнителей, применяемых для производства брикетов и брексов в черной металлургии

№	Наименование железосодержащих наполнителей	Массовое содержание в шихте, %
1	Железорудный концентрат и рудная мелочь	5–10
2	Железосодержащие шламы	50–80
3	Железосодержащие просыпи и пыли газоочисток	5–15
4	Окалина прокатного производства (обычная и замасленная)	40–60
5	Стальная и чугунная стружка и дробь (обычная и замасленная)	5–15
6	Обычные и обогащенные корольки	5–20
7	Мелочь ферросплавного производства	1–5

В качестве флюсующих добавок используют известь, доломит, реже магнезит, и, при необходимости, сталеплавильные шлаки, мел, известняк, известьсодержащие отходы, отходы сварочного флюса и кремнеземсодержащие отходы и пыли.

Связующие добавки должны обеспечить необходимую механическую прочность брикетов и при этом не снижать содержание железа в брикетируемой смеси. В патентных источниках предлагают использовать нонтронитовые и бентонитовые глины, глинистый полевой шпат, цементы, СДБ и ССБ. Основной связующей добавкой, обеспечивающей необходимую транспортную и металлургическую прочность брикетов, является жидкое стекло и его растворы, являющееся наиболее распространенным и доступным материалом, выпускаемым промышленностью в больших объемах [2, 3]. Жидкое стекло после смешивания с железосодержащими частицами и другими добавками склеивает их между собой и создает стандартную прочность брикетируемой массы, необходимую для выдерживания динамических и статических нагрузок при транспортировке и восстановлении.

Для получения самовосстанавливающихся металлизированных брикетов и протекания первичного периода восстановления в шихту брикетов вводят восстановители – углеводородные добавки, которые при слабоокислительном или восстановительном обжиге железосодержащего сырья генерируют

восстановительные газы [4, 5]. В настоящее время широко ведутся исследования по использованию нетрадиционных восстановителей техногенного происхождения в сфере подготовки сырья к металлургическому переделу [6–9]. Они позволяют частично заменить основные традиционные восстановители, характеризующиеся высокой стоимостью. К числу нетрадиционных восстановителей относится отработанное минеральное масло (ОММ), являющееся перспективным техногенным отходом и обладающее рядом технологических преимуществ в производстве окускованного железосодержащего сырья [2–5], масло прокатной окалины, замасленная ветошь, угольная и коксовая некондиционная мелочь и многие другие углеродсодержащие отходы и синтетические материалы. Металлургические брексы, являющиеся компонентами доменной шихты, в качестве углеродсодержащих материалов содержат коксовую мелочь, каменный уголь, антрацит, буроугольный полукокс, бой графитированных или углеродных электродов, бой электролизных ванн для производства алюминия, древесный уголь, древесные опилки, измельченные отходы пластмасс и другие углеродсодержащие отходы.

Принудительное формирование реакционной структуры брикетов в определенной степени способны создавать порообразующие добавки (ПД), которые одновременно могут выполнять функцию нетрадиционных восстановителей. В качестве ПД в последнее время предложено использовать измельченные отходы растительного происхождения на основе стеблей обмолоченных сельскохозяйственных культур (пшеницы, ржи, ячменя и др.), которые позволяют формировать регламентированную пористость и дают возможность прогнозировать повышение скорости восстановления окускованных продуктов [2, 3, 10–11].

Особенности структуры и назначение технологических добавок в шихте брикетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Особенности структуры и назначение технологических добавок в шихте брикетов

№	Наименование добавок	Особенности структуры добавок	Назначение добавок
1.	Грубодисперсные железосодержащие	Размер частиц более 0,2 мм	Ресурсозамещение
2.	Сыпучие углеродсодержащие	Гидрофобность по отношению к воде и водным растворам	Ресурсо- и энергозамещение, восстановители
3.	Жидкие углеводороды и смеси	Повышенная вязкость по отношению к воде и водным растворам	Ресурсо- и энергозамещение, восстановители
4.	Древесные частицы растительного и технологического происхождения	Анизотропия поверхностных свойств древесины	Поро- и структурообразование, ресурсо- и энергозамещение, восстановители

Продолжение таблицы 2

№	Наименование добавок	Особенности структуры добавок	Назначение добавок
5.	Твердожидкостные растворы различного технологического происхождения	Различная вязкость по отношению к воде и водным растворам и анизотропия поверхностных свойств	Офлюсование и формирование вязущих свойств у комкуемой массы

ПД, как правило, это выгорающие компоненты, имеющие органическое происхождение. Преимущественное формирование открытых и малоизвилистых пор (до 35–40 %) благоприятно сказывается на повышении реакционной способности окускованного сырья и предполагает при металлзации сырья более высокую скорость восстановления [11]. Технология брикетирования обладает широким набором методов воздействия на структурные свойства получаемых брикетов и производственные параметры оборудования, включая использование ресурсо- и энергозамещающих материалов с дифференциальным распределением размеров частиц.

Список технологических операций и основные показатели процесса брикетирования представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Список технологических операций процесса брикетирования

№	Технологические операции	Показатели	Численное значение
1	Дозирование	Длительность	5–10 минут
2	Смешивание	Длительность Температура	5–20 минут 20–60 °С
3	Грануляция	Длительность	5–10 минут
4	Прессование	Давление Температура	50–150 МПа 20–140 °С
5	Сушка	Длительность Температура	100–200 минут 100–140 °С
6	Обжиг	Длительность Температура	20–40 минут 1100–1200 °С
7	Охлаждение	Длительность Температура	200–400 минут 20–40 °С
8	Складирование	Длительность Температура Влажность	Без ограничений 20–40 °С 10–50 %

Механическая подготовка ПД преимущественно направлена на измельчение растительных частиц и подробно рассмотрена в источниках [2, 3]. Наличие нескольких видов технологических добавок различного агрегатного состояния позволяет отказаться от традиционного процесса смешивания, при

котором все добавки смешиваются одновременно, и организовать избирательное и последовательное смешивание компонентов с получением шихтовых коагуляционных агрегатов (КА) на основе ПД, из которых формируется прочная структура брикета. Некоторой новацией является применение процесса гранулирования компонентов массы с целью получения прочных гранул, интегрированных в структуру брикетов. Это позволяет выполнить организованное структурообразование или зональное восстановление оксидов железа на стадии подготовки сырья к переделу.

Целью настоящей работы было экспериментальное определение коэффициента неоднородности твердых включений, моделирующих порообразующие добавки, в искусственно осветленной брикетируемой массе.

Для визуализации процесса смешивания компонентов брикетируемой массы в опытах использовали белый контрастный порошок (КП) на основе поваренной соли ($d_{\text{ч}}=0,1-1,0$ мм), моделирующий смешивание железосодержащих материалов черного цвета с компонентами смеси, имеющими темный цвет. Масса контрастного материала составляла 0,1 кг, масса ПД составляла 0,005 кг (120 штук), масса ОММ (черный цвет) составляла 0,003 кг. Методика экспериментов заключалась в следующем. Белый контрастный материал тонким слоем рассыпали на поверхности плоской тарели диаметром 0,3 м (рисунок 1, а). Затем ПД (красного цвета) дозированно и равномерно распределяли на поверхности контрастного материала в виде конгломератов зерен (рисунок 1, г). После чего массу загружали в емкость и перемешивали в течение 40, 80 и 120 с. После каждого перемешивания массу вновь равномерно распределяли на поверхности тарели (рисунок 1, д, е) и в двух противоположных квадрантах поверхности пробником диам. 90 мм отделяли массу, в которой считали количество частиц ПД. На втором этапе экспериментов готовили исходный состав смеси, в который дозированно и равномерно вводили ОММ в виде капель темного цвета, расположенных в шахматном порядке (рисунок 1, ж). Процедуру перемешивания компонентов и подсчет частиц ПД повторяли (рисунок 1 з, и) аналогично как для первого состава массы. На третьем этапе экспериментов готовили исходный состав смеси на основе контрастного материала, ПД и ОММ, в который дозированно и равномерно вводили водный раствор (50 %) ЖС в виде серых капель, расположенных в шахматном порядке (рисунок 1, к, л, м). Процедуру перемешивания компонентов и подсчет частиц ПД повторяли. На рисунке 2 представлены результаты экспериментов, в которых в качестве ПД использовали реальные частицы растительного происхождения темно бежевого цвета.

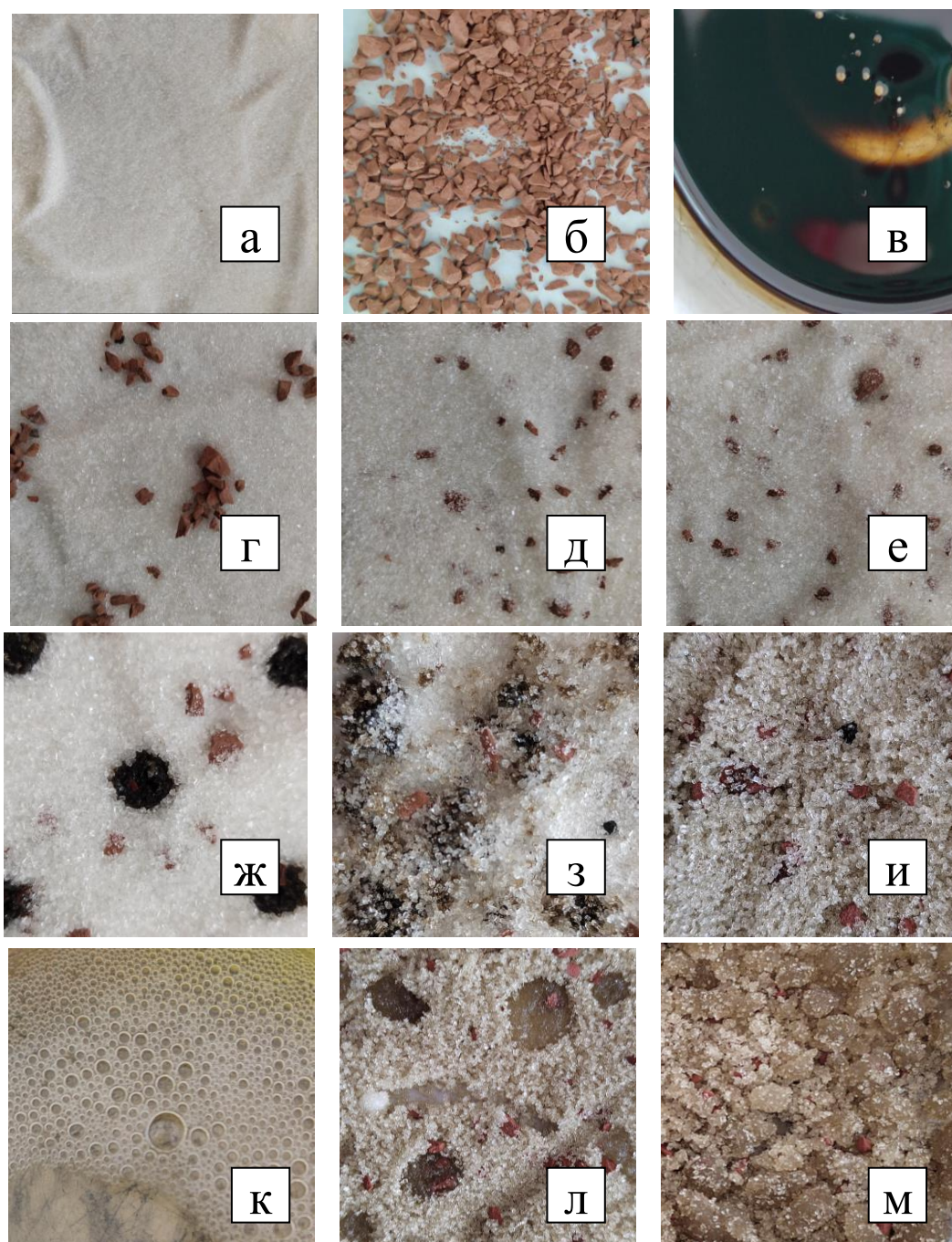
Коэффициент неоднородности K определяли по выражению:

$$K = N_{\text{max}} / N_{\text{min}}$$

где N_{max} , N_{min} – максимальное и минимальное количество ПД в пробоотборниках, штук.

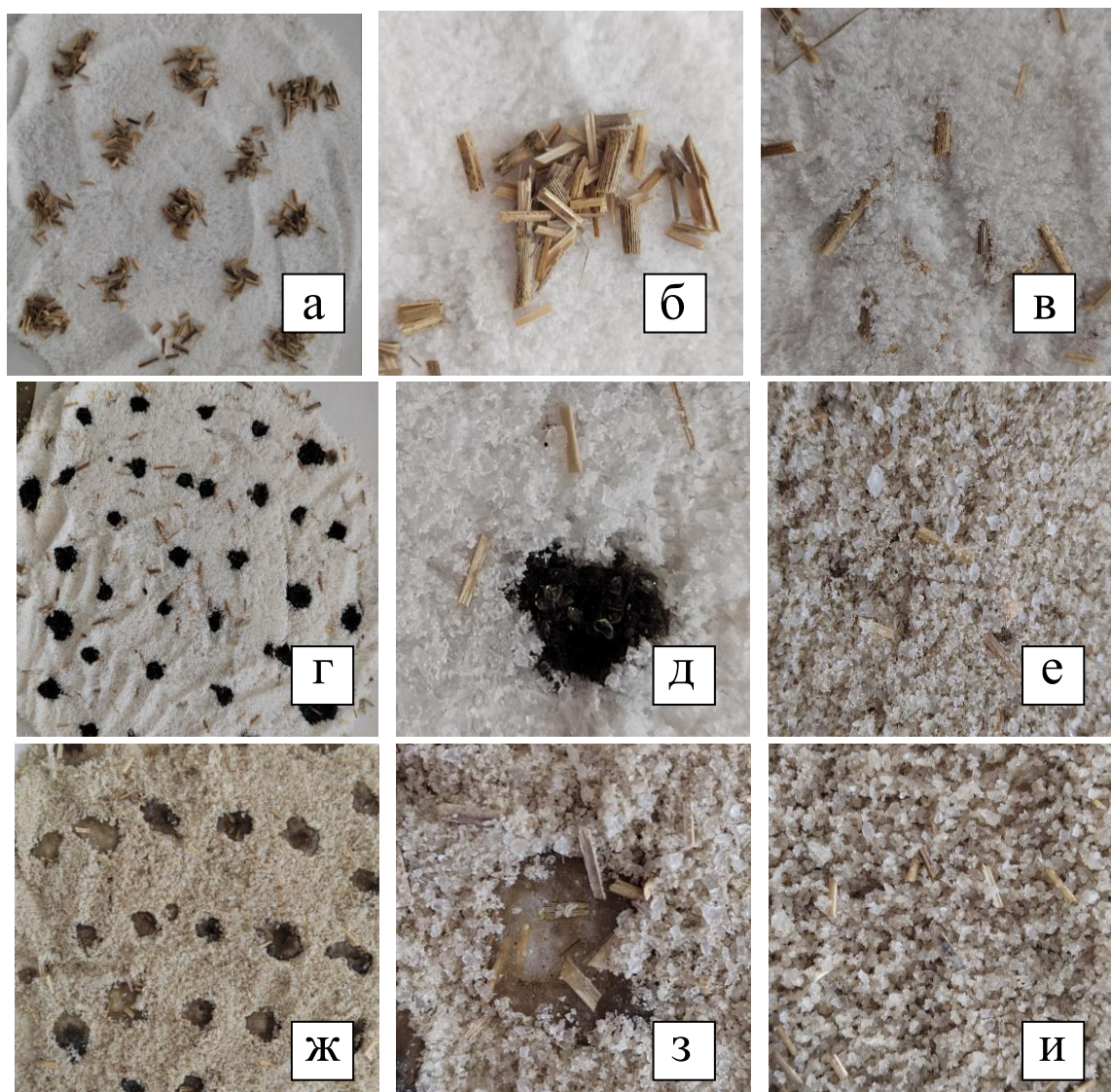
Результаты вычислений представлены на рисунке 3. Видно, что коэффициент неоднородности зависит от длительности смешивания компонентов

и наличия вязких жидкостей (ОММ и ЖС) в смеси. Установлено, что частицы одного агрегатного состояния КП и ПД достаточно легко и равномерно перемешиваются в течение минимального времени.



В позиции: а, б, в – исходные материалы (контрастный порошок, порообразующие добавки, отработанное моторное масло); г – контрастный порошок и порообразующие добавки перед смешиванием; д, е – те же материалы после смешивания в течение 40, 80 с; ж – контрастный порошок, порообразующие добавки и отработанное моторное масло перед смешиванием; з, и – те же материалы после ссыпания в ёмкость и после смешивания в течение 40 с; к, л, м – водный раствор ЖС, его вид на поверхности смеси, смесь на основе ЖС после смешивания в течение 40 с

Рисунок 1 – Макроструктура исходных компонентов и брикетированной смеси

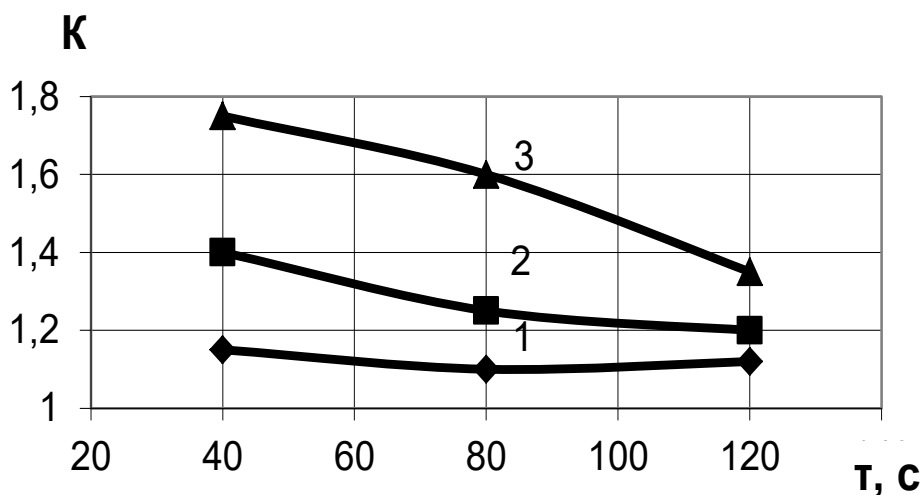


В позиции: а – распределение ПД на поверхности контрастного порошка;
 б – концентрированное расположение фрагмента агрегатов ПД (увеличение 10^x);
 в – масса после смешивания в течение 40 с; г, д, е – то же с использованием ОММ;
 ж, з, и – то же с использованием водного раствора ЖС

Рисунок 2 – Макроструктура исходных компонентов и брикетируемой смеси

Наличие вязких жидкостей, особенно ЖС, существенно усложняют режим смешивания, увеличивая коэффициент неоднородности почти в 1,3–1,7 раза. Жидкости в составе смеси коагулируют на своей поверхности частицы ПД, совмещая этот процесс с режимом разрушения структурных агрегатов, полученных на первом этапе смешивания (рисунки 1, м; 2, и). Эти процессы существенно влияют на режим смешивания, ухудшая равномерность распределения частиц ПД по массе.

В химических технологиях идеально перемешанной называют смесь, в любой точке которой вероятность присутствия введенного компонента остается постоянной. При этом в микрообъемах перемешиваемой массы возможно значительное разнообразие взаимного расположения частиц компонентов.



Состав смеси: 1 – контрастный материал и ПД; 2 – контрастный материал, ПД и ОММ; 3 – контрастный материал, ПД, ОММ и водный раствор ЖС
 Рисунок 3 – Зависимость коэффициента неоднородности распределения ПД в структуре смешиваемой массы от длительности перемешивания

В таких условиях их соотношение в произвольной зоне смеси – величина случайная. Поэтому большинство современных критериев оценки качества смеси (степень смешивания) основаны на методах статистической обработки данных. Практика показывает, что вероятность столкновений между коагулирующими частицами возрастает с увеличением интенсивности перемешивания. Однако при достижении определенного скоростного градиента образующиеся агрегаты начинают разрушаться. Для некоторых коагулянтов в определенных химических технологиях значение скоростного градиента составляет примерно 20–70 с. В качестве критериев смешивания химических реагентов, например, с водой наряду со скоростным градиентом применяют также произведение последнего на продолжительность смешивания (критерий Кэмпса).

Частицы ОММ, обладающие меньшей вязкостью, в процессе перемешивания легче поглощают частицы контрастного материала на своей поверхности, что визуально показывает изменение цвета в процессе перемешивания с белого до светло бежевого. При этом образующиеся коагулянты имеют существенно меньшие размеры (1–3 мм), по сравнению с размерами агрегатов (5–10 мм), образованных водным раствором ЖС при перемешивании массы. В этом режиме нет полного моделирования процесса смешивания, поскольку при проведении экспериментов контрастный материал испытывает физико-химическое взаимодействие с ОММ, в отличие от химически устойчивого при низких температурах железосодержащего порошка. По-видимому, для повышения равномерности распределения частиц ПД в многокомпонентной массе длительность смешивания компонентов должна быть увеличена ориентировочно в 1,5–2,0 раза. В результате этого произойдет диспергация жидкостей в смеси, их поглощение твердым наполнителем, а

структурные агрегаты полностью разрушатся.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 284 с.
2. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 328 с.
3. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В. М. Павловец. – Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 336 с.
4. Павловец В.М. Использование техногенных отходов производства в технологии брикетирования железосодержащих материалов / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. // Сборник трудов X X II Международной научно-практической конференции «Металлургия: технологии, инновации, качество» «Металлургия-2021», Часть 2, 347 с., Новокузнецк, СибГИУ, 2021, с. 159–183.
5. Павловец В.М. Исследование процесса брикетирования железорудных материалов, содержащих в качестве нетрадиционного восстановителя отработанное минеральное масло / В.М. Павловец, К.И. Домнин К.И. // Сборник трудов X X III Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», Выпуск 26, часть 2, 317 с, Новокузнецк, СибГИУ, 2022, с. 225–231.
6. Патент № 2750432 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020133386/02, Заявл. 09.10.2020; Оpubл. 28.06.2021. Бюл. №5 // Изобретения. Полезные модели. 2021. – №19.
7. Патент № 2768073 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2021130684/02, Заявл. 20.10.2021; Оpubл. 23.03.2022. Бюл. №9 // Изобретения. Полезные модели. 2022. – №9.
8. Патент № 2698000; Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2019117140/02, Заявл. 03.06.2019; Оpubл. 21.08.2019. Бюл. №24 // Изобретения. Полезные модели. 2019. – №24.
9. Патент № 2743435 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ получения окатышей / В.М. Павловец – № 2020104648/02, Заявл. 31.01.2020; Оpubл. 18.02.2021. Бюл. №5 // Изобретения. Полезные модели. 2020. – №5.
10. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Москва: Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 268 с.
11. Ожогин В.В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В.В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ В ПЕРИОДЫ ДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Коноплев Д.Д., Коротков С.Г.

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

В статье приведена характеристика регулирования выбросов в атмосферу в периоды действия неблагоприятных метеорологических условий (НМУ). Рассмотрены мероприятия по сокращению выбросов при первом, втором и третьем режимах работы предприятий.

Ключевые слова: выбросы, НМУ, атмосфера, режим, концентрация, загрязняющие вещества.

Под регулированием выбросов вредных веществ в атмосферу понимается их кратковременное сокращение в периоды НМУ, приводящих к формированию высокого уровня загрязнения воздуха. Регулирование осуществляется с учетом прогноза НМУ на основе предупреждений о возможном опасном росте концентраций примесей в воздухе с целью его предотвращения.

Прогноз загрязнения атмосферы и регулирование выбросов являются важной составной частью всего комплекса мероприятий по обеспечению чистоты воздушного бассейна. Эти работы особенно необходимы в городах с относительно высоким средним уровнем загрязнения воздуха, поскольку принятие радикальных мер по его снижению требует, как правило, больших усилий и времени, а эффект от регулирования выбросов должен быть практически незамедлительным [1].

Мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в периоды НМУ разрабатывают предприятия, организации, учреждения, расположенные в населенных пунктах, где органами федеральной службы по гидрометеорологии проводится или планируется проведение прогнозирования НМУ.

Мероприятия по регулированию выбросов разрабатываются на всех предприятиях, имеющих источники выбросов вредных веществ в атмосферу, с участием отраслевых институтов. Если на предприятии устанавливаются нормы ПДВ (ВСВ), то разработка мероприятий по регулированию выбросов проводится совместно с головными ведомственными организациями в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 [2].

Мероприятия по временному сокращению выбросов загрязняющих веществ в периоды НМУ являются обязательной составной частью сводного тома "Охрана атмосферы и предельно допустимые выбросы (ПДВ)" и утверждаются в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02-78 и "Временной методикой нормирования выбросов". Они пересматриваются по решению местных админи-

стративных органов, а также при изменении технологии производства и выбросов вредных веществ в атмосферу.

В городах, где сводные тома "Охрана атмосферы и ПДВ" в настоящее время не разрабатываются или где работы по установлению ПДВ запланированы на отдаленный период, мероприятия по временному сокращению выбросов согласовываются с головными институтами, подразделениями Минздрава РФ с привлечением служб ведомственного контроля и Госгортехнадзора и утверждаются органами федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Контроль степени эффективности сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу осуществляют с помощью инструментальных, балансовых и других методов.

Оперативное прогнозирование высоких уровней загрязнения воздуха осуществляют прогностические подразделения федеральной службы по гидрометеорологии в соответствии с методическими указаниями.

Контроль за выполнением мероприятий по сокращению выбросов в периоды НМУ в соответствии с действующими нормативными актами проводит Государственная инспекция по охране атмосферного воздуха при Государственном комитете РФ по гидрометеорологии и контролю природной среды с привлечением других контролирующих органов.

Определение периода действия и категории (режима) НМУ.

Определение периода действия и категории (режима) НМУ находится в ведении Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в обязанность которой входит оповещение предприятий о наступлении и завершении периода НМУ и категории (режима) НМУ [3].

В соответствии с Приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.03.2011 № 112 «Об утверждении инструкции по осуществлению государственного контроля за охраной атмосферного воздуха» снижение загрязнения воздушного бассейна в период неблагоприятных метеорологических условий является составной частью воздухоохранной деятельности предприятия, если таковые мероприятия имеются в составе нормативов предельно допустимых выбросов [4].

Мероприятия по регулированию выбросов для промышленных предприятий разрабатываются как для проектируемого, так и для действующего объекта с учетом специфики конкретных производств. Величина сокращения выбросов определяется спецификой выбросов, особенностью рельефа местности, застройки и т.д. и должна обеспечивать снижение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы:

- при первом режиме - на 15 – 20 %;
- при втором режиме - на 20 – 40 %;
- при третьем режиме - на 40 - 60%, а в некоторых особо опасных условиях предприятиям следует полностью прекратить выбросы.

Степень снижения выбросов определяется по результатам расчетов концентраций загрязняющих веществ от отдельных групп источников с учетом и без учета регулирования выбросов [5].

В качестве первоочередных необходимо рассматривать мероприятия по сокращению выбросов, не связанные со снижением объемов производства и с существенными изменениями технологического режима.

При невозможности обеспечения необходимого снижения уровня загрязнения рассматриваются мероприятия, связанные с остановкой некоторых второстепенных производств. Если, согласно предупреждению, концентрация какой-либо примеси в атмосферном воздухе будет ниже предельно допустимой, мероприятия по регулированию выбросов не проводятся, при этом усиливается контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов.

Мероприятия по сокращению выбросов при первом режиме работы предприятия.

При первом режиме работы предприятия мероприятия должны обеспечить сокращение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы примерно на 15 - 20 %. Эти мероприятия носят организационно-технический характер, их можно быстро осуществить, они не требуют существенных затрат и не приводят к снижению производительности предприятия [1].

При разработке мероприятий по сокращению выбросов при первом режиме целесообразно учитывать следующие мероприятия общего характера:

- усилить контроль за точным соблюдением технологического регламента производства;
- запретить работу оборудования на форсированном режиме;
- рассредоточить во времени работу технологических агрегатов, не участвующих в едином непрерывном технологическом процессе, при работе которых выбросы вредных веществ в атмосферу достигают максимальных значений;
- усилить контроль за работой контрольно-измерительных приборов и автоматических систем управления технологическими процессами;
- запретить продувку и чистку оборудования, газоходов, емкостей, в которых хранились загрязняющие вещества, ремонтные работы, связанные с повышенным выделением вредных веществ в атмосферу;
- усилить контроль за герметичностью газоходных систем и агрегатов, мест пересыпки пылящих материалов и других источников пылегазовыделения;
- усилить контроль за техническим состоянием и эксплуатацией всех газоочистных установок;
- обеспечить бесперебойную работу всех пылеочистных систем и сооружений и их отдельных элементов, не допускать снижения их производительности, а также отключения на профилактические осмотры, ревизии и ремонты;

- обеспечить максимально эффективное орошение аппаратов пылегазоулавливателей;
- проверить соответствие регламенту производства концентраций поглотительных растворов, применяемых в газоочистных установках;
- ограничить погрузочно-разгрузочные работы, связанные со значительными выделениями в атмосферу загрязняющих веществ;
- использовать запас высококачественного сырья, при работе на котором обеспечивается снижение выбросов загрязняющих веществ;
- интенсифицировать влажную уборку производственных помещений предприятия, где это допускается правилами техники безопасности;
- прекратить испытание оборудования, связанного с изменениями технологического режима, приводящего к увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- обеспечить инструментальный контроль степени очистки газов в пылегазоочистных установках, выбросов вредных веществ в атмосферу непосредственно на источниках и на границе санитарно-защитной зоны.

Мероприятия по сокращению выбросов при втором режиме работы предприятия.

При втором режиме работы предприятия мероприятия должны обеспечить сокращение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы примерно на 20 - 40 % [1]. Эти мероприятия включают в себя все мероприятия, разработанные для первого режима, а также мероприятия, влияющие на технологические процессы и сопровождающиеся незначительным снижением производительности предприятия.

При разработке мероприятий по сокращению выбросов при втором режиме целесообразно учитывать следующие операции общего характера [1]:

- снизить производительность отдельных аппаратов и технологических линий, работа которых связана со значительным выделением в атмосферу вредных веществ;
- в случае, если сроки начала планово-предупредительных работ по ремонту технологического оборудования и наступления НМУ достаточно близки, следует провести остановку оборудования;
- уменьшить интенсивность технологических процессов, связанных с повышенными выбросами вредных веществ в атмосферу на тех предприятиях, где за счет интенсификации и использования более качественного сырья возможна компенсация отставания в периоды НМУ;
- перевести котельные и ТЭЦ, где это возможно, на природный газ или малосернистое и малозольное топливо, при работе с которыми обеспечивается снижение выбросов вредных веществ в атмосферу;
- ограничить использование автотранспорта и других передвижных источников выбросов на территории предприятия и города согласно ранее разработанным схемам маршрутов;
- прекратить обкатку двигателей на испытательных стендах;
- принять меры по предотвращению испарения топлива;

- запретить сжигание отходов производства и мусора, если оно осуществляется без использования специальных установок, оснащенных пылегазоулавливающими аппаратами;

- запретить работы на холодильных и других установках, связанные с утечкой загрязняющих веществ.

Мероприятия по сокращению выбросов при третьем режиме работы предприятий.

При третьем режиме работы предприятий мероприятия должны обеспечить сокращение концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы примерно на 40 - 60 %, а в некоторых особо опасных условиях предприятиям следует полностью прекратить выбросы. Для третьего режима включаются все мероприятия, разработанные для первого и второго режимов, а также мероприятия, осуществление которых позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ за счет временного сокращения производительности предприятия.

Для сокращения выбросов при третьем режиме целесообразно учитывать следующие действия общего характера [1]:

- снизить нагрузку или остановить производства, сопровождающиеся значительными выделениями загрязняющих веществ;

- отключить аппараты и оборудование, работа которых связана со значительным загрязнением воздуха;

- остановить технологическое оборудование в случае выхода из строя газоочистных устройств;

- запретить производство погрузочно-разгрузочных работ, отгрузку готовой продукции, сыпучего исходного сырья и реагентов, являющихся источником загрязнения;

- перераспределить нагрузку производств и технологических линий на более эффективное оборудование;

- остановить пусковые работы на аппаратах и технологических линиях, сопровождающиеся выбросами в атмосферу;

- запретить выезд на линии автотранспортных средств (включая личный транспорт) с неотрегулированными двигателями. Состав отработанных газов не должен превышать предельно допустимые выбросы вредных веществ, указанных в ГОСТ 17.2.2.02-77, ГОСТ 21393-75, ОСТ 37.001.234-81, ОСТ 37.001.054-74;

- снизить нагрузку или остановить производства, не имеющие газоочистных сооружений;

- провести поэтапное снижение нагрузки параллельно работающих однотипных технологических агрегатов и установок (вплоть до отключения одного, двух, трех и т.д. агрегатов).

Свод мероприятий для каждого из режимов НМУ для промышленных предприятий определяется ведомственными томами ПДВ (предельно допустимых выбросов).

При наступлении НМО на предприятиях рекомендуется осуществлять

организационно-технические мероприятия, без снижения мощности производства. Они должны быть разработаны силами службы защиты атмосферы предприятия и согласованы с природоохранными органами [1].

Библиографический список

1. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях, РД 52.04.52-85. Новосибирск: ЗапСибНИИ, 1986.
2. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. - Введен 01.01.80. М. Изд-во стандартов, 1979, с.14.
3. СНИП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. - М.:ГУП ЦПП, 1998.
4. Приказ от 01.03.2011 № 112 «Об утверждении инструкции по осуществлению государственного контроля за охраной атмосферного воздуха»// Федеральная служба по надзору в сфере природопользования Министерства природных ресурсов и экологии РФ.
5. «Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух». – СПб.: НИИ Атмосфера, 2012.

УДК 621.039

СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Волченкова О.А., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: volga89043765591@mail.ru*

В данной статье рассматриваются основные мероприятия по обеспечению безопасности на АЭС, разработка и внедрение современных систем безопасности российских АЭС.

Ключевые слова: система безопасности, атомная электростанция, радиация, реактор, энергоблок, авария.

Сегодня численность атомных электростанций постоянно растет во всем мире, и Россия – не исключение. Из-за произошедших крупных аварий в Японии и на Чернобыльской АЭС общественность опасается увеличения количества таких источников энергии, тем более на относительно небольшом расстоянии, ведь радиоактивные частицы могут распространяться на сотни километров, уничтожая все живое на своем пути. В этой статье мы рассмотрим современные системы безопасности на Российских АЭС, чтобы удостовериться в невозможности повторения подобных катастроф.

В настоящее время на планете существует 193 атомные электростанции. В общей сложности на них расположено 440 энергоблоков, которые

располагаются в тридцати двух странах. В то же время явным лидером в производстве атомной энергии являются Соединенные Штаты. Общая мощность энергоблоков в США составляет более 100 ГВт, что является четвертью мирового производства такой энергии.

По состоянию на январь 2023 года на 11 действующих атомных электростанциях России эксплуатируется 37 энергоблоков общей установленной мощностью около 30 ГВт [1].

Множество факторов обеспечивают высокий уровень безопасности АЭС России. Главными из которых являются принцип самозащищенности реакторной установки и наличие нескольких защитных барьеров.

Также необходимо отметить использование активных (то есть требующих вмешательства человека и наличия источника энергоснабжения) и пассивных (которые не требуют вмешательства человека и источника энергии) систем безопасности на современных российских атомных энергоблоках. К тому же, на всех АЭС соблюдается культура безопасности. Это осуществляется на всех этапах (обязательно выбирают площадки только там, где нет запрещающих факторов, а также при выводе из эксплуатации). Именно из-за совмещения этих факторов водо-водяные реакторы ВВЭР стабильно работают более 1400 реакторных лет.

Отрицательная реактивность для обеспечения безопасности эксплуатации реакторов. В реакторах ВВЭР используется конструкция активной зоны, с помощью которой обеспечивается так называемая «самозащищенность». При увеличении потока нейтронов повышается температура в реакторе и паросодержание возрастает. Но реакторы спроектированы специально так, чтобы происходило ускорение поглощения нейтронов и окончание цепной реакции, к чему приводит повышение паросодержания в активной зоне. Такой эффект называется «отрицательным коэффициентом» реактивности, и паровым, и температурным. Из этого всего следует, что физика самого реактора приводит к самозащите реактора благодаря естественным обратным связям т.е. отрицательной реактивности [2].

Для быстрой и полной остановки цепной реакции применяется поглотитель, обычно в роли карбида бора. В активную зону вводят стержни с поглотителем, после чего поток нейтронов поглощается, а реакция замедляется и останавливается. В России на АЭС стержни располагают над реактором с помощью электромагнитов для стопроцентного попадания их в активную зону, даже в случае полного отключения питания энергоблока. В американском же проекте, который применили в Японии на АЭС «Фукусима-1» проектировалось введение стержней из нижней части.

На российских АЭС используются двухконтурные схемы, в которых тепло может отводиться без участия каких-либо внешних источников водоснабжения. Двухконтурная схема гораздо безопаснее, чем использованная в Японии одноконтурная ввиду того, что все радиоактивные среды находятся внутри защитной оболочки, а в первом контуре отсутствует пар – риск «оголения» топлива и его перегрева гораздо снижен. Более того, реакторы ВВЭР

оснащаются 4 парогенераторами, в которых отвод тепла петлевой, то есть в них находятся большие запасы воды. Если все же подача воды сквозь дополнительные трубы нужна, на АЭС встроены дополнительные насосы аварийного расхолаживания (по насосу на каждую трубу).

На отечественных АЭС с водо-водяными реакторами (ВВЭР) с учетом возможностей разового отказа и потенциального необнаруживаемого отказа функционируют три независимых канала систем безопасности, каждый из которых взаимозаменяет всю систему. Системы безопасности предусмотрены на ликвидацию максимально возможной аварии с разрывом главного циркуляционного трубопровода первого контура максимального диаметра. Предусмотрены многократные запасы воды: сначала она будет подана из резервных емкостей, установленных в самом энергоблоке, а затем, если этой воды будет все еще недостаточно, вода начнет подаваться из трех резервных емкостей. Функционирование резервных насосов обеспечивается автономно: каждый будет работать от своего дизель-генератора. Все генераторы расположены в разных зданиях, что исключает вероятность выхода их всех из строя одновременно. Любой из этих каналов (в случае отказа остальных) обеспечивает полный отвод тепла.

Включение всех защитных систем одновременно потребуются только в случае максимальной проектной аварии. Вся вода, попавшая в реактор, собирается системой сбора и охлаждения. Полученную воду система будет использовать в активной зоне вновь, то есть будет обеспечена рециркуляция теплоносителя.

Четыре барьера безопасности. Система безопасности современных отечественных АЭС состоит из четырех барьеров на пути распространения ионизирующих излучений и радиоактивных веществ в окружающую среду. Первый – это топливная матрица, исключая выброс продуктов деления под оболочку тепловыделяющего элемента. Второй – контур теплогенерирующего элемента, предотвращающий попадание продуктов деления в теплоноситель главного циркуляционного контура. Третий – основной циркуляционный контур, предотвращающий выброс продуктов деления под защитную герметичную оболочку. Четвертый – это система защитных герметичных оболочек (контайнмент), предотвращающая выход продуктов деления в окружающую среду. Произошедшее в реакторном зале оставит радиоактивность внутри этой оболочки.

Все современные ядерные реакторы типа ВВЭР имеют оболочку. При этом, защитная оболочка предназначена не только на внешнее воздействие – падение самолета, вертолета, ураган или взрыв. Оболочка выдерживает внутреннее давление в 5 кг/см^2 и внешнее давление от ударной волны, создающей давление 30 кПа, и падающего самолета массой 5 тонн. Если предположить, что вся попавшая в реактор вода превратится в пар и, как в большом котле, будет оказывать давление изнутри на крышку, то оболочка выдержит и это большое давление. Таким образом, купол энергоблока находится в постоянной готовности принять удар изнутри. Для этого оболочка вы-

полнена из «предварительно напряженного бетона»: металлические тросы, натянутые внутри бетонного компонента, придают дополнительную монолитность конструкции, увеличивая ее прочность.

Объем контайнмента огромный – 75 тыс. куб. метров, риск скопления в нем водорода во взрывоопасной концентрации гораздо меньше, чем на АЭС «Фукусима-1». При аварии внутри защитной оболочки устанавливается спринклерная система для снижения давления пара, которая распыляет раствор бора и других веществ, препятствующих распространению радиоактивности из-под купола блока. Там же ставятся рекомбинаторы водорода, не позволяющие этому газу скапливаться и исключающие возможность взрыва [3].

Специальные системы защиты и устройства. В частности, одним из элементов системы аварийного охлаждения активной зоны современных российских АЭС являются специальные контейнеры с борной кислотой, находящиеся над реактором. Каждый контейнер представляет собой толстостенный сосуд из двухслойной стали объёмом 60 кубометров, работающий при давлении 60 атмосфер и выше. В случае максимальной проектной аварии – разрыва первого контура охлаждения реактора – содержимое этих емкостей самотеком оказывается внутри активной зоны реактора, и цепная ядерная реакция нейтрализуется большим количеством борсодержащего вещества, хорошо поглощающего нейтроны. Этого количества раствора достаточно для охлаждения активной зоны перед подключением системы аварийного охлаждения и охлаждения резервуара.

Обеспечение устойчивости к землетрясениям. Повторение аварии как на станции «Фукусима-1» в России невозможно. В настоящее время все российские АЭС расположены в районах низкой сейсмической опасности. В европейской части на Великорусской плите, считающейся устойчивым массивом, землетрясения либо не происходят вовсе, либо происходят, но с небольшой интенсивностью (не более 5-6 баллов по шкале Рихтера).

Предотвращение отказов и нарушений норм безопасной эксплуатации обеспечивается за счет выбора безопасной площадки АЭС, применения консервативных принципов проектирования, наличия системы обеспечения качества для выбора площадки, проектирования, строительства и эксплуатации, а также культуры безопасности. Выбор безопасной площадки включает, в частности, определение прогнозируемого уровня сейсмического воздействия, который рассчитывается отдельно для каждой площадки и каждого блока. Например, в ходе дополнительных исследований в районе 8-10 балльной сейсмичности могут быть выделены пригодные площадки в пределах 7-балльной зоны сейсмичности и однородных массивов гранитоидов, вдали от эпицентров мелкофокусных землетрясений. При выполнении таких работ учитывается уровень сейсмичности максимального расчетного землетрясения (МРЗ), которое может произойти с вероятностью 1 раз в 10 тысяч лет (и не более 8 баллов). Исходя из этого прогноза, выполняются соответствующие расчеты по строительным конструкциям, проектирование всех трубопроводов и оборудования. При необходимости оборудование оснащается

гидроамортизаторами.

Защита от аварий, террористических атак. Наличие собственных сил гражданской обороны и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций (ГО и ЧС) на каждой АЭС делает наиболее оперативным реагирование на аварийные ситуации. Эти люди находятся в постоянной готовности и оснащены необходимыми техническими средствами, включая резервные источники питания и резервные насосы. Обычные пожарные автомобили могут быть подключены к любому силовому агрегату через специальные фитинги на корпусах блоков, которые разнесены с разных сторон, чтобы не повредиться одновременно. Созданы специальные штабы по управлению кризисными ситуациями (Ситуационно-кризисный центр Росатома, АО «Концерн Росэнергоатом»), выполняется планирование мероприятий в случае ЧС, постоянно выполняются необходимые учения. Подобные антикризисные центры в оперативном порядке согласуют свои действия с МЧС РФ и Минэнерго РФ. Наконец, существуют убежища и средства защиты персонала на площадке каждой АЭС [4].

С точки зрения защиты от террористов все действующие АЭС надежно охраняются Внутренними войсками МВД России, которые располагают необходимым вооружением, техникой и оборудованием. Система охраны периметра объектов построена таким образом, что любой террорист (нарушитель) будет задержан на линии безопасности. На территорию АЭС нельзя проносить запрещенные предметы (оружие, боеприпасы и т.д.), на всех пунктах пропуска установлены устройства обнаружения и видеонаблюдения. Таким образом, совершение противоправных действий, которые повлекут тяжкие последствия для жизни и здоровья граждан, маловероятно.

Другие способы обеспечения защиты. После аварии в Чернобыле было проведено множество дополнительных исследований для определения возможных случаев аварий и применения определенных мер по их предотвращению. После чего на всех российских АЭС появилось несколько систем безопасности, которые могут замещать друг друга при потере питания на станции, это полностью исключает повторение аварии, произошедшей в Японии.

Также на российских АЭС имеется автоматическая система контроля радиационной обстановки (АСКРО), которая состоит из датчиков, постоянно измеряющих радиационный фон в районах с возможной утечкой радиации и передающих эти данные на определенный сайт в Интернете [5].

На данный момент уже проведены многочисленные мероприятия на российских атомных электростанциях по предотвращению возможных аварий, а также по снижению негативного воздействия на население и окружающую среду в случае, если такая все же произойдет. И сейчас продолжают реализацию крупных мероприятий со сроком выполнения до 2028 года, которые направлены на внедрение дополнительных проектных решений на российских АЭС [6].

Библиографический список

1. Современное состояние атомной энергетики в России // Российский Социально-Экологический Союз URL: <https://rusecounion.ru/ru/nuclearenergyinrussia2021> (дата обращения: 06.02.2023).
2. Обеспечение безопасности АЭС // Росэнергоатом URL: https://www.rosenergoatom.ru/safety_environment/obespechenie-bezopasnosti/bezopasnost-aes/ (дата обращения: 05.02.2023).
3. Система безопасности АЭС: стержни, спринклер, контейнмент // TechInsider URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/614943-sterzhni-sprinkler-konteynment-kak-ustroena-sistema-bezopasnosti-aes/> (дата обращения: 06.02.2023).
4. Радиационная обстановка на предприятиях Росатома // Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН URL: <https://www.russianatom.ru/> (дата обращения: 08.02.2023).
5. Безопасность АЭС - основные понятия и подходы // StudFiles URL: <https://studfile.net/preview/7657001/> (дата обращения: 08.02.2023).
6. Безопасность российских АЭС // Росатом URL: <https://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/safety-russian-npp/> (дата обращения: 09.02.2023).

УДК 658.567.1

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КУЗБАССЕ

Гашникова А.О., Панфилов В.Д., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк, e-mail: gashnikova20172017@gmail.com*

Статья посвящена анализу технологий по переработке отходов горного производства.

Ключевые слова: горное производство, отходы горной промышленности, вторичные ресурсы.

В настоящее время одной из самых крупных проблем является загрязнение окружающей среды отходами производства. Однако на сегодняшний день, горная отрасль является лидером в данной сфере. На каждого жителя страны ежегодно добывается большое количество разного минерального сырья. Несмотря на это, из этого количества используется лишь малая часть и все остальное превращается в отходы. По этой причине крайне важно направлять отходы в вторичное производство.

Вторичные ресурсы, как правило, экономически выгоднее добычи, обогащения и подготовки первичных ресурсов недр. Основными источниками

ми вторичных ресурсов горнодобывающей отрасли являются техногенные отходы, образующиеся при добыче и переработке минеральных ресурсов (породные, шлаковые и зольные отвалы, хвостохранилища и так далее). Эти природные образования отличаются количеством и качеством минерального сырья, пригодного для промышленного использования.

Отходы горного производства – твердые, жидкие и пылегазовые продукты, образующиеся в процессах добычи, обогащения и переработки сырья. Рассмотрим каждый процесс подробнее:

1. Отходы добычи - отвалы вскрышных и вмещающих пород, отвалы и склады забалансовых полезных ископаемых, шахтные пустые породы, некондиционные руды.;

2. Отходы обогащения – отходы флотации, гравитации, мокрой и сухой магнитной сепарации (хвосты обогащения);

3. Отходы переработки – угольные шлаки, металлургические (доменный, сталеплавильный, ферросплавный, шлаки цветной металлургии (медные, свинцово-цинковые, никель-кобальтовые, бокситовые, гипсосодержащие отходы, пиритные концентраты).

При проведении горных работ формируются техногенные массивы. Данные представлены на рисунке 1.

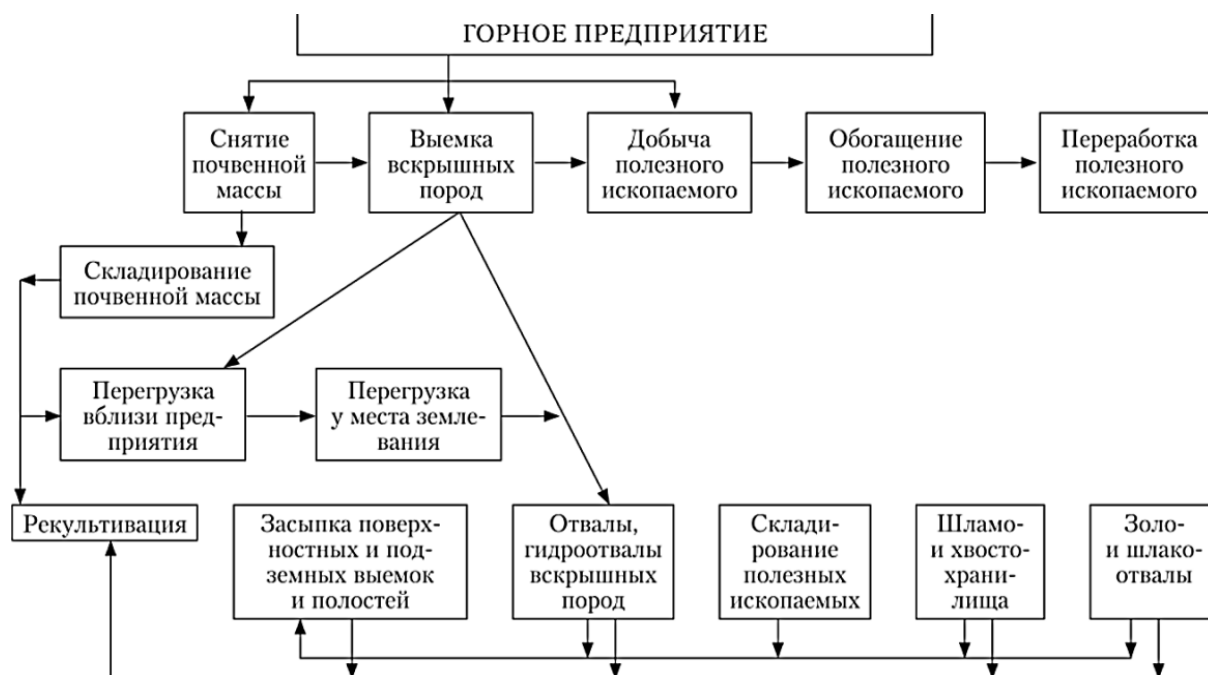


Рисунок 1 – Формирование техногенных массивов при производстве горных работ

Основной способ снизить ущерб окружающей среде от выделения и накоплений отходов горного производства — это снижение их количества, обезвреживание или утилизация.

В качестве основных направлений повышения комплексности использования природных ресурсов горными предприятиями можно выделить сле-

дующие:

1. Выбор рационального и эффективного способа отработки угольного месторождения для минимизации потерь полезных ископаемых.

2. Использование отходов обогащения и вскрышных пород, чтобы извлечь полезные компоненты;

3. Повторное использование сточных вод;

4. Переработка исходящего воздуха угольных предприятий с целью попутного извлечения метана, как ПИ (устранение проблемы создания мирового парникового эффекта).

Внедрение комплекса представленных мер позволит улучшить экологию региона, но самой обширной из вышеперечисленных является решение проблемы ликвидации хранилищ твердых минеральных отходов. Решение данной проблемы способствует повышению эффективности производства и улучшению экологического аспекта.

Основными методами решения вопроса ликвидации хранилищ твердых минеральных отходов являются:

- рекультивация отвалов и хвостохранилищ;
- закладка отходами выработанного пространства;
- использование обедненного техногенного сырья;
- доизвлечение присутствующих в них полезных компонентов.

Для угледобывающей отрасли наиболее значимыми направлениями комплексного использования полученной в ходе переработки минеральной массы являются:

1. Комплексное использование месторождений полезных ископаемых:
 - комплексное использование угля;
 - комплексное использование твердых углеотходов.

2. Использование твердых отходов угледобычи для производства строительных материалов:

- производства вяжущих веществ;
- использование в качестве наполнителя для производства бетона;
- производство стенового материала;
- производство строительной керамики;
- производство легких заполнителей бетона;
- производство огнеупорных материалов;
- производство абразивных материалов;
- каменное литье.

3. Использование углеотходов в гидротехническом строительстве:
 - в качестве насыпного материала в теле дамб;
 - в качестве фильтрующего и сорбционного материала.

4. Использование в сельском хозяйстве для:
 - производства мелиоратнта;
 - производства удобрений.

5. Использование в дорожном строительстве:
 - в качестве дорожных оснований;

- в качестве укрепителя грунтов;
 - в качестве наполнителя асфальтобетона.
6. Использование на добывающих предприятиях с целью:
- частичной или полной закладки выработанного пространства;
 - забутовки горных выработок при их погашении;
 - охраны горных выработок.

Горная промышленность наносит огромный ущерб окружающей среде, затрагивая огромный комплекс вопросов негативного воздействия на экологию не только региона или страны разработки месторождения, но и всего мира, что впоследствии ставит вопрос снижения экологической нагрузки на мировую экосистему. Комплекс мер, представленных в данной статье позволяет существенно улучшить экологическую обстановку, снижая количество вредных выбросов, влияющих на мировую атмосферу, уменьшая негативное воздействие на почву, за счет сокращения количества занимаемых площадей отвалами и т.д.

Все это впоследствии влияет на экологическую обстановку, а также дает положительный экономический эффект за счет параллельного решения вопросов комплексного освоения недр.

Библиографический список

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Российской Федерации за 2013 год. — Минприроды России, 2014.
2. Воротников И.Л., Колотырин К.П., Власова О.В. Совершенствование системы управления биологическими отходами на основе механизмов государственно-частного партнерства // *Економічний часопис—XXI*. — 2014. - Т. 1. - № 9-10. - С. 53-57.
3. Жолобова Ю.С., Сафронов А.Е., Куций Н.А., Савон Д.Ю. Минимизация воздействия на окружающую среду при применении новых технологий обогащения углей и утилизации отходов добычи // *Горный журнал*. — 2016. - № 5. - С. 109-112.
4. Костюхин Ю.Ю. Повышение производительности труда в угольной отрасли // *Горный журнал*. - 2016. - № 10. - С. 41-44.
5. Пешкова М.Х., Савон Д.Ю. Механизм государственно-частного партнерства при эколого-экономической оценке техногенных минеральных объектов // *Горный журнал*. - 2016. - № 10. - С. 37-41.
6. Самигуллин Д.Д. Эффективная реализация инвестиционных планов в сфере экологии через инструменты государственно-частного партнерства, [http://abrbl.ru/эффективная реализация](http://abrbl.ru/эффективная_реализация)
7. Беневольский Б.И. и др. Два аспекта проблемы утилизации горнопромышленных отходов // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2011. № 1. С. 37-42.

ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СТУПЕНЧАТОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

Големинов С.П., Михайличенко Т.А.

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

В статье приведена характеристика работы котла до реконструкции. Проведен обзор о принципах технологии ступенчатого сжигания топлива и сделаны выводы после испытания. Проанализирована очистка дымовых газов от оксидов азота по технологии селективного некаталитического восстановления и указаны преимущества данной технологии.

Ключевые слова: технология, оксид азота, сжигание, выбросы, топливо, дымовые газы.

Московским энергетическим институтом на Западно-Сибирской ТЭЦ была опробована новая экологически эффективная технология ступенчатого сжигания Кузнецких углей в смеси с газами на котлах БКЗ-210-140.

В основу новой технологии были заложены следующие принципы:

- использование режима работы топки с твердым шлакоудалением при обеспечении температуры факела менее 1500 °С для подавления образования в ней термических оксидов азота;
- принятия ряда мер, направленных на подавление генерации топливных оксидов азота за счет раннего прогрева и зажигания потока аэросмеси, прежде всего, за счет организации в топке ступенчатого сжигания при значительной нехватке кислорода в первой ступени горения;
- обеспечение удлиненных траекторий угольных частиц в топке посредством использования прямоточных факелов U-образной формы;
- организация движения струй горячей пылевоздушной смеси, вторичного и третичного воздуха по близким траекториям с интенсификацией перемещения реагентов в хвостовой частях факела [1].

Работа котла до реконструкции характеризовалась: высоким содержанием NO_x в дымовых газах – 600-800 мг/м³, ненадежной работой металла пароперегревателя, неустойчивым загоранием пыли без подсветки факела коксовым газом либо мазутом, а также сравнительно высоким содержанием горючих в уносе, особенно при снижении выхода летучих в угле и при совместном его сжигании с доменным газом.

Внедрение разработанной технологии ступенчатого сжигания на котлах осуществлено посредством изменения компоновки и конструкции пылеугольных горелок и установки сопел третичного дутья – шестью комбинированных пылегазозмазутных горелок улиточного типа, расположенных на боковых стенах топки котла, заменены на восемь прямоточных горелок, установленные на фронтальной стене топки на отм. 16,35 м; на задней стене

топки были установлены восемь прямоугольных сопел третичного воздуха с подачей горячего воздуха от кубов ВЗП на отм. 14,35 м, при этом громоздкие горелки доменного газа, расположенными по фронту котла были установлены без изменения [2].

В топке котла (рисунок 1) наблюдается U-образное движение факела. Первичный воздух с угольной пылью в смеси с коксовым газом поступает в топку при $\alpha \approx 0,2$, где происходит воспламенение коксового газа, прогрев угольной пыли и загорание летучих. Горячая струя движется с большим наклоном вниз к месту слияния с потоком вторичного воздуха, вытекающего горизонтально из горелок доменного газа при $\alpha \approx 0,5$.

До слияния с вторичным воздухом реализуется I ступень факельного процесса, характеризующаяся разложением связанного азота топлива при острой нехватке кислорода.

В месте слияния первичного и вторичного воздуха – II ступень, где происходит дожигание пыли. Далее происходит взаимодействие поднимающегося вверх факела с третичным воздухом, вытекающим из сопел третичного дутья при $\alpha \approx 0,3$, где происходит окончательное дожигание пыли [3].

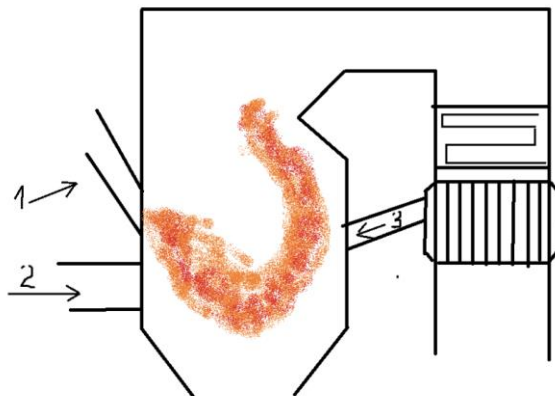
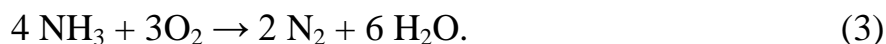
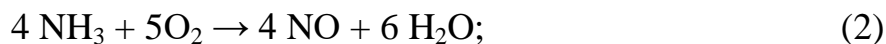
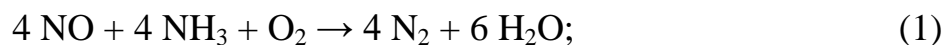
Ключевым моментом технологии является существенное подавление образования топливных NO_x , которые при сжигании Кузнецкого угля на котлах с твердым шлакоудалением составляют до 85% от суммарного выхода NO_x . Глубина подавления обусловлена острой нехваткой воздуха в корне факелов горелок в условиях их интенсивного прогрева рециркулирующей в вихре горячей средой.

Рассредоточение ядра факела по траектории вихря с большой степенью внутренней рециркуляции среды выравнивает температуру газов в топке ($t_{\max} = 1450^\circ\text{C}$), что практически исключает образование термических NO_x .

После проведения испытаний были сделаны следующие выводы:

1. Выброс оксидов азота снижен с 800 мг/м^3 до $270\text{-}325 \text{ мг/м}^3$ (на 27%) в пересчете на $\alpha = 1,4$;
2. Значительно повышена устойчивость зажигания факела при малых нагрузках;
3. Выдерживание номинальных значений температуры перегретого пара не вызывает затруднений;
4. Температура уходящих газов снижена на $5\text{-}10^\circ\text{C}$ за счет повышения эффективности работы топочных экранов;
5. Увеличение к.п.д. брутто котлов до 1 %. Это объясняется тем, что повышение механического недожога компенсируется снижением потерь тепла с уходящими газами за счет снижения $V_{\text{ух.г.}}$ и $\alpha_{\text{ух.г.}}$.

Очистка дымовых газов от оксидов азота по технологии селективного некаталитического восстановления, которая основана на селективном некаталитическом восстановлении (СНКВ) оксидов азота до молекулярного азота и воды. СНКВ-процесс протекает по цепному разветвленному механизму, который может быть описан тремя уравнениями:



1 – первичный воздух с угольной пылью и коксовым газом;
2 – вторичный воздух; 3 – третичный воздух.

Рисунок 1– Аэродинамика трехступенчатого U-образного пылеугольного факела в плоскости размещения горелок и сопел [4]

Согласно реакции по формуле (1) происходит восстановление оксидов азота. Ее можно рассматривать как необратимую и теоретически степень очистки может достигать 100 %. Однако в следствии протекания побочных, аммиак лишь частично используется для денитрификации. Увеличение количества добавляемого аммиака осложняет реализацию СНКВ-процесса (рисунок 2), поскольку возрастает вероятность появления в продуктах процесса непрореагировавшего аммиака, выброс которого по экологическим и технологическим соображениям нормируется.

Реагент с носителем (паром, воздухом) вводится в поток дымовых газов. В качестве реагентов могут быть использованы сжиженный аммиак, аммиачная вода, карбамид (мочевина). Наибольшая эффективность процесса достигается при температуре от 950°C до 1100°C [5].

Преимущества технологии:

- отсутствие катализатора,
- малая металлоемкость и простота комплектации,
- низкие удельные капитальные и эксплуатационные затраты,
- СНКВ-установка характеризуется высокой маневренностью: уже по истечении 5-10 минут после их включения достигается заданная эффективность очистки.

– установка может быть полностью автоматизирована и обеспечивать заданный выброс оксидов азота при нештатных режимах эксплуатации котла.

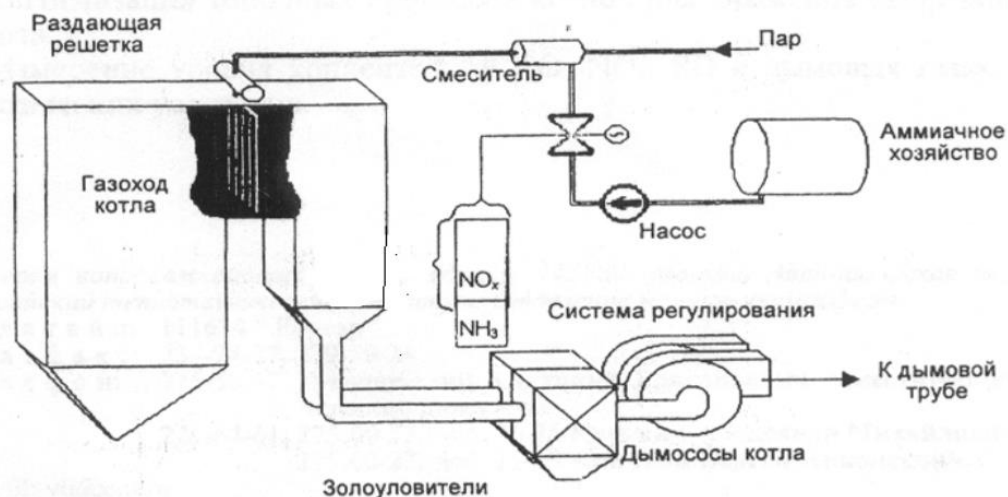


Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема очистки газа СНКВ

Научно-технические проблемы, связанные с широким внедрением в энергетику отечественных СНКВ-установок, в основном, решены. Исследования физико-химических и технологических основ процесса, результаты опробования СНКВ-технологии на Зуевской ТЭЦ, Кироваканской ТЭЦ, Змиевской ГРЭС, освоение и опыт эксплуатации азотоочистных установок на ТoТЭЦ показывают, что СНКВ-очистка может быть реализована практически на любой котельной установке. В зависимости от конструктивных особенностей котлов с помощью нее возможно восстановление 50-70 % NO_x [6].

Библиографический список

1. Дуплинский С. В. Внедрение ступенчатого сжигания кузнецких углей в смеси с газами на котлах. – Новокузнецк: ЗС ТЭЦ, 2000. – 10 с.
2. Снижение выбросов оксида азота. – ВТИ. – Москва: 2002.
3. Динельт В.М., Ливенец В.И., Быстров В.А., Соловьев А.К., Быстрова В.Е. Определение экономической эффективности природоохранных мероприятий в металлургической промышленности: Учебное пособие. – Новокузнецк, 2001. – 52 с.
4. Западно-Сибирская ТЭЦ – 50 лет. – Кемерово, 2001. – 185 с.
5. Технический отчет по результатам режимно-наладочных и балансовых испытаний котлоагрегата БКЗ – 210 № 1 Западно-Сибирская ТЭЦ филиал «АО ЕВРАЗ ЗСМК». – Новокузнецк: 2020. – 34 с.
6. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. – Москва: Металлургия, 1990. – 400 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Гашникова А.О., Панфилов В.Д., Михайличенко Т.А.

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк, e-mail: gashnikova20172017@gmail.com

В статье рассматриваются места для проведения экологического туризма в Кемеровской области. Экологический туризм является уникальным решением, которое обеспечит рабочие места и стабильно высокие доходы населения.

Ключевые слова: Кемеровская область, экологический туризм, экология, спортивный туризм.

Экологический туризм является перспективным, ведь он направлен на сохранение природных ресурсов и окружающей среды. Международный Союз охраны природы (МСОП) под экологическим туризмом понимает «путешествие с ответственностью перед окружающей средой по относительно ненарушенным природным территориям с целью изучения и наслаждения природой и культурными достопримечательностями, которое содействует охране природы, оказывает «мягкое» воздействие на окружающую среду, обеспечивает активное социально-экономическое участие местных жителей и получение ими преимуществ от этой деятельности».

Цель экотуризма заключается в помощи сохранения дикой природы и культурных ценностей, пользуясь теми туристическими услугами, которые способствуют охране посещаемых объектов и поддерживают жизнь местного населения.

Основные принципы экотуризма включают три обязательных условия: минимальное воздействие на окружающую среду, опыт взаимодействия путешественника с нетронутой природой и позитивное влияние на местную экономику.

Экологический туризм в перспективе должен развиваться по трем основным направлениям, таким как:

1) природно-познавательное (получение информации во время общения с природой путем проведения ботанических, геологических, географических, зоологических, ихтиологических, орнитологических и других подобных экспедиций);

2) реабилитационное (мероприятия, способные улучшить состояние природных территорий);

3) рекреационное – отдых на лоне дикой природы, культурно организованные пикники и походы.

На данный момент экологический туризм предлагает туры по заповедным паркам и уголкам нашей страны с посещением всевозможных памятников природы - пещер, гротов, островов, озер, родников, необычных ботани-

ческих комплексов, а также целевые поездки в места с дикой природой и хорошо сохранившимся культурным наследием.

Кемеровская область имеет огромный потенциал для развития экотуризма. В регионе уделяется большое внимание проблемам экологии.

Классификационные признаки, по которым оценивается экотуристский потенциал Кемеровской области, рассчитывают по специальной формуле, в которой учитываются:

1. Красота ландшафта, в том числе гор, водоемов, равнин и т.д.;
2. Близость к транспортным развязкам, аэропортам, железнодорожным вокзалам;
3. Безопасность для туристов в условиях отсутствия опасных природных явлений, например, лавин, селей, камнепадов;
4. Наличие высокого биоразнообразия. В частности, значение имеют редкие виды животных и растений, в том числе занесенные в Красную книгу, отсутствие кровососущих насекомых, возможность наблюдать за животными в местах их обитания;
5. Наличие мест археологических раскопок.

Места, которые подходят для экотуризма:

1) Экопарк «Шорский» Кемеровской области имеет большой потенциал при оценке его, исходя из качественных и количественных туристских показателей.

Перспективы экопарка:

1. Протяженность парка составляет около 15% от всей территории Кемеровской области.
 2. Рядом с территорией парка расположены такие крупные объекты, как заповедник «Кузнецкий Алатау», памятник природы «Липовый остров».
 3. Парк отличается высоким биоразнообразием, наличием интересных видов животных и растений.
 4. Местные жители имеют специфические обычаи, у них сохранился традиционный уклад жизни.
 5. Имеется большое количество уникальных природных достопримечательностей.
 6. На территории парка проживают растения, которые занесены в Красную книгу.
 7. Имеется система пещер, скал, водопадов с живописными пейзажами.
 8. Наличие на территории региона уникальных экомузеев.
 9. Развитие данного объекта положительно отражается на развитии туризма в регионах в целом, создает рабочие места на туристских объектах.
- Слабые стороны данного объекта:
1. Недостаточно развитая туристская инфраструктура.
 2. Слабый уровень развития комплекса гостиничных услуг, услуг питания, транспорта, отставание от уровня сервиса европейских государств.
 3. Туризм отличается специфической сезонностью.
 4. Недостаточная информированность населения других регионов о

данном объекте, его преимуществах.

5. Территориально данный объект удален от центральной России.

6. Недостаток информации об уникальных природных особенностях региона.

7. Экологическое состояние области в некоторых местах неблагоприятное. Экотуристский потенциал национального парка «Шорский» по имеющимся критериям оценивается как высокий. Парк имеет высокую туристскую привлекательность и ресурсы для развития экологического туризма. На базе региона также активно развиваются познавательный и научный туризм.

2) Заповедник «Кузнецкий Алатау» расположен на юге Центральной Сибири, и занимает 5 % площади региона.

Он сочетает в себе горную систему и равнины. Заповедник был создан в 1989 г. с целью сохранения уникальной природы, ледников, многочисленных озер и болот. Символом животного мира заповедника является северный сибирский олень, который является уникальным животным и занесен в Красную книгу России, примерная численность – около 200 особей. Обитает в зоне ледников и снежников.

На территории заповедника имеются следующие виды маршрутов: Пешеходные маршруты: «Загадки горы Соловей», «К Черному Ворону».

Имеют не только экологическое назначение, но и рекреационное и просветительское. На территории региона имеются объекты рекреационно-экологической и просветительской деятельности. На территории заповедника работают Музей природы, действует конный прокат. С 2015 г. на территории региона организован центр реабилитации диких птиц «Крылья».

Кроме того, на территории объекта расположено много уникальных объектов. На территории региона располагаются глубокие озёра, имеется ледники, живописные горы. Имеется множество природных достопримечательностей. В зоне заповедника обитают редкие животные и птицы, например, чёрные аисты, олени, косули, маралы, сапсаны. Хребет гор покрыт кедровыми лесами вперемешку с пихтами. В изобилии встречаются в дикорастущей природе представители семейства орхидейных, башмачки.

3) Голубое озеро в Темиртау:

Живописный карьер Голубое озеро или Левобережная Сухаринка расположен в поселке Темиртау Таштагольского района, в 100 км от Новокузнецка. Легко доступен для автотранспорта. Водоем круглой формы, в диаметре достигает 300 метров. Озеро расположено котловане с обрывистыми стенами высотой 40 метров. Образовалось в результате затопления карьера. Можно изучить его подводное существование с помощью водонепроницаемого фотоаппарата - вода в карьере прозрачная, снимки получатся красивые и четкие.

Водоем закрытый, в нем нет крупной рыбы, поэтому он свободен от рыболовных снастей, водного транспорта и прочих опасностей. Единственной сложностью является термоклин на глубине около 9 метров (летом до 13 градусов). Погружаться можно только в гидрокостюмах толщиной не менее

5 мм (желательно 7 мм).

4) Зенковский парк:

Парк представляет собой большой смешанный бор (в основном сосновый) с огромным красивым прудом и благоустроенной набережной, с которой открывается вид на противоположный берег. В лесу есть асфальтированные дорожки, где можно кататься на велосипедах, роликах и скейтбордах, множество разных скульптур в виде животных и птиц - некоторые из них находятся прямо на деревьях. Зимой в парке можно кататься на коньках и лыжах.

5) Поднебесные Зубья:

Горный хребет в Кузнецком Алатау. Расположен на границе Кемеровской области и Хакасии, вблизи железнодорожной станции Лужба. Ближайший город - Междуреченск, находится в 60 км к западу от Поднебесных Зубьев. Горный хребет в Кузнецком Алатау. Расположен на границе Кемеровской области и Хакасии, вблизи железнодорожной станции Лужба. Ближайший город - Междуреченск, находится в 60 км к западу от Поднебесных Зубьев.

Хребет имеет типичный альпийский облик. В центральной части есть несколько вершин-«зубьев» на высоте более 2 км. Здесь текут чистейшие ручьи и реки из синих каровых озер, много родников, водопадов, порогов. На склонах хребта в истоках рек много каров (углублений) с моренами в устьях. Во многих из них лежат небольшие ледники, находящиеся на аномально низкой высоте.

Район Поднебесных Зубьев пользуется популярностью у сибирских туристов, совершающих летние пешие и зимние лыжные походы, а также у горнолыжников и сноубордистов. Здесь есть разветвленная сеть домиков-приютов, работающих круглый год. Интересен этот район и для спортсменов, использующих горные реки для водного туризма. По дороге к вершинам туристы могут наслаждаться разнообразными меняющимися растительностью и рельефом (пихтово-кедровая черневая тайга, субальпийские луга и горная тундра, каменистые осыпи - курумники), водопадами, реками, озерами.

6) Озеро Большой Берчикуль в Тисульском районе:

Озеро Большой Берчикуль находится в Тисульском районе Кемеровской области, относится к Утинскому сельскому поселению. Расположено в среднем течении реки Дудет, на левом берегу. Является крупнейшим озером Кузбасса, площадь поверхности 15.9 кв. километров, имеет овальную форму. В переводе название означает «волчье».

7) Листвянское водохранилище неподалёку от села Костёнково в Новокузнецком районе:

Памятник природы «Костенковские скалы» не самая известная достопримечательность Кемеровской области. Расположенные в окружении красивейшей сибирской природы, скалы придутся по душе любителям уединенного отдыха. Плюс ко всему свежий воздух, многообразие растительности и красивые пейзажи.

Данные места получили наибольшую посещаемость в этом году. Например, компания МегаФон заявляла о том, что: «77 % кузбассовцев этим летом предпочли путешествовать внутри региона. Жители стали чаще открывать для отдыха необычные маршруты. Часто посещаемыми стали локации вблизи воды.

Туристический рейтинг возглавляет озеро Большой Берчикуль в Тисульском районе. Специалисты МегаФона зафиксировали, что мобильная активность рядом с самым большим озером Кузбасса выросла на 94% по сравнению с прошлым сезоном.

На втором месте туристический район Поднебесные зубья в 60 км от Междуреченска. Кузбассовцы с каждым годом всё чаще приезжают исследовать горные локации с палатками и рюкзаками. Мобильным интернетом здесь пользовались на 48 % больше, чем прошлым летом.

Листвянское водохранилище неподалёку от села Костёнково в Новокузнецком районе занимает третью строчку. Затопленный водоём на месте бывшего разреза иногда называют «Голубым озером» - здесь можно устроить пикник, прогулку и даже порыбачить. В этом году мобильный трафик в этом необычном месте вырос на 30 %.

Экологический туризм –перспективное направление развития Кузбасса. Регион наполнен огромным количеством экологически чистых и живописных объектов, большая часть из которых не находится в статусе заповедных мест, что открывает большой простор для просветительской деятельности среди местного населения и туристов региона, а также положительный экономический эффект благодаря развитию экологическо-экскурсионного бизнеса в регионе.

Библиографический список

1. Джанджугазова Е. А., Первунин, С. Н. Российский туризм: анатомия кризиса // Российские регионы: взгляд в будущее. 2015. Выпуск № 1 (2). С. 55–65.
2. Зайцева Н. А. Менеджмент в социокультурном сервисе и туризме. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 224 с.
3. Закамская Л.Л. Оценка развития экологического туризма в Кемеровской области // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 2 (33). С. 34–45.
4. Изотова М. А. Инновации в социокультурном сервисе и туризме. М.: Советский спорт, 2006. 107 с.
5. Квартальнов В. А. Теория и практика туризма: учебник. М.: Финансы и статистика, 2003. 672
6. Кемерово: энциклопедия / сост. С. Н. Левин. Кемерово: Каменный пояс, 2001. 1112 с.
7. Кемеровская область: общегеограф. регион. атлас / ред. В. Я. Северный. М.: ЦЭВКФ, 2001. 121 с.
8. Левит А. И. Кемеровская область: география. Кемерово: Энциклопедия, 2007. 240 с.

9. Малахова Н. Н. Инновации в туризме и сервисе. М.: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д.: Издательский центр «МарТ», 2008. 224 с.

10. Новиков В. С. Инновации в туризме: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 208 с.

УДК 621.311.22:681.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОТЕХНИКЕ

Бобровников Н.С., Глобина Е.А., Кулаковский А.С., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, email: lena112695@gmail.com*

В данной статье рассматриваются автоматизированные технологические процессы в теплоэнергетике и теплотехнике, понятие автоматизации, ее задачи и цели.

Ключевые слова: автоматизация, теплоэнергетика, технологические процессы.

Что такое автоматизация процессов? Автоматизация технологических процессов – совокупность способов и средств, предназначенная для реализации системы или же систем, которые позволяют воплотить в жизнь управление самой технологической работой без конкретной роли человека, или оставления за человеком права принятия более серьезных решений.

Термин «автоматизированный» в отличие от термина «автоматический» акцентирует внимание вероятности роли человека в отдельных операциях в целях сохранения человеческого надзора над процессом.

Главной целью автоматизации процессов считается увеличение свойства выполнения процесса. Автоматический процесс владеет более устойчивыми параметрами, чем процесс, производимый в ручном режиме.

Несмотря на то, что автоматизация процессов имеет возможность проводиться на всевозможных уровнях, основы автоматизации для всех значений и всех типов процессов будут оставаться едиными. Это общие основы, задающие обстоятельства эффективного выполнения процессов в автоматическом режиме и ставят критерии автоматического управления процессами.

Основные принципы автоматизации:

- 1) Автоматизация и телемеханизация включает все основные и вспомогательные объекты;
- 2) Автоматический сбор и переработка информации;
- 3) Полная местная автоматизация, которая ликвидирует обязанность постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- 4) Автоматическая аварийная и предупредительная сигнализация с объекта.

Ведущей целью автоматизации считается увеличение свойства выпол-

нения процесса. Во множества случаях автоматизация процессов разрешает увеличить производительность, уменьшить время выполнения процесса, понизить цену, увеличить точность и прочность производимых операций.

Цели автоматизации:

- Повышение качества продукции;
- Снижения расходов сырья;
- Повышение экологичности;
- Повышение безопасности;
- Повышение эффективности производственного процесса;
- Повышение экономичности;
- Увеличение объема выпускаемой продукции;
- Сокращение численности обслуживающего персонала.

Для энергетической отрасли обязательным нюансом автоматизации считается внедрение новых средств измерения и современных технологий учета энергии и сбережения энергии.

Как правило, в результате автоматизации технологического процесса создается автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП), т.е. комплекс программных и технических средств, которые предназначены для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях.

Современные системы АСУТП на предприятиях энергетического комплекса выполняют следующие функции: контроль и управление, обмен данными, обработку, накопление и сохранение информации, составление сигналов тревог, построение графиков и отчетов.

Основными целями автоматизации систем теплоснабжения являются:

Круглосуточное сохранение определенного теплового режима без прямого участия человека;

– Регулирование температуры воды в контуре отопления по отопительному графику;

– Защита отопительной системы от превышения температуры обратной воды.

– Автоматизация систем теплоснабжения даст возможность более правильно применять тепловую энергию:

– Автоматизация систем теплоснабжения поможет уменьшить расход теплоносителя до 30 %;

– Автоматизация котлоагрегатов разрешает значительно увеличить эффективность процессов горения и убавить тепловые издержки за счет поддержания оптимальных параметров соотношений топливо-воздух, собственно, что ведет к экономии горючего до 10 %, а также помогает понизить количество вредоносных выбросов в атмосферу до 5 %;

– Автоматизация процессов подготовки воды разрешает более точно выдерживать водно-химические режимы во всем диапазоне нагрузок работы главного технологического оснащения, что способствует к понижению

образования отложений на стенках трубопровода и, следовательно, к более длительному сроку службы и понижению расхода на замену и ремонт до 15 %;

–Диспетчеризация управления объектами тепловых сетей способствует сберечь до 20% электрической энергии и до 10 % тепловой энергии;

–Экономия топлива обеспечивается за счет рассредоточения нагрузок между котлоагрегатами в результате чего общий КПД группы котлов остается всегда предельным, экономия топлива таким образом достигает 5 %. Сокращение количества кабельных связей в системе ведет к понижению серьезных расходов на оснащение до 10 %;

–Понижение трудозатрат на обслуживание микропроцессорной техники, постоянная самодиагностика системы приводят к понижению общего числа необходимого обслуживающего персонала и экономии фонда заработной платы до 10 %.

В результате проведенного поиска информации по представленной теме можно с полной уверенностью сказать о том, что автоматизация тепловых процессов позволяет увеличить надежность теплового оборудования, повысить коэффициент полезного действия установок, а также, что немаловажно, повышая производительность труда, позволяет высвободить значительное число высококвалифицированных сотрудников, обслуживающих установки для работы на других участках предприятия.

Библиографический список

1. Плетнев Г.П. Курс Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике [Текст: учебник / Г. П. Плетнев. – Москва: Вернера Регена, 2020. – 352 с.

2. Бородин И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления [Текст]: учебник / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев.- 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 386 с.

3. Шишков О.В. Курс Современные средства АСУ ТП [Текст]: учебник / О. В. Шишков. – Москва: Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с.

4. Трофимов В. Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами [Текст]: учебник / В. Б. Трофимов, С. М. Кулаков. – Москва : Инфра-Инженерия, 2020. – 257 с.

5. Пустовая О. А. Информационно-измерительные системы и АСУ ТП [Текст] : учебник / О. А. Пустовая, Е. А. Пустовой. – Москва : Инфра-Инженерия, 2022. – 103 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕЛЛЕТ НА МИНИ ТЭС УДАЛЕННЫХ РЕГИОНОВ СИБИРИ

Антонюк А.Е., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: antonyuk_antonyuk00@mail.ru*

В статье проведен анализ децентрализованных населенных пунктов. Приведены основные проблемы электроснабжения малонаселенных и удаленных поселей от ДЭС. Рассмотрена мини-ТЭС, работающая на пеллетах и древесных отходах. Оценены преимущества газогенераторных электростанций и мини-ТЭЦ.

Ключевые слова: ТЭЦ, биотопливо, снабжение, котел, топливо, электростанция.

Особенностью России, в первую очередь характерной для регионов Сибири и Дальнего Востока, является весьма низкая плотность населения на громадных, слабо освоенных в производственном отношении территориях, изолированных от централизованного электроснабжения и имеющих слабые транспортные связи с промышленно развитыми регионами.

Проблема надежного и качественного электроснабжения такого рода регионов остается острой в социальном, техническом и экономическом аспектах. Электрообеспечение таких потребителей может быть осуществлено либо за счет централизованного электроснабжения, либо путем создания децентрализованных зон.

Возможность присоединения электроприемника к энергосистеме ограничена его удаленностью в связи с потерями напряжения в питающей линии.

В соответствии с требованиями ГОСТ на параметры электроэнергии установлены ограничения на отклонения напряжения относительно номинального значения в пределах $\pm 5\%$. Следовательно, максимальная протяженность ЛЭП при стандартных значениях напряжения распределительных сетей 6 и 10 кВ может быть определена в километрах по формуле 1:

$$l_{max} = \frac{\gamma F U_{ном} \Delta U}{P_{ном}}, \quad (1)$$

где: γ – удельное сопротивление материала провода, Ом*м/мм²;

F – сечение провода, мм²;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение (6-10 кВ);

ΔU – 5%-ная потеря напряжения, кВ;

$P_{ном}$ – номинальная мощность электроприемника, кВт.

Обычно сельские распределительные сети выполняют из алюминиевого провода, имеющего удельное сопротивление $32,2 \text{ Ом}\cdot\text{м}/\text{мм}^2$. Сечение провода определяется, с одной стороны, электрическими нагрузками ЛЭП, с другой – условиями механической прочности, достаточной для противостояния ветровым нагрузкам, обледенению и др [1].

Для нагрузок небольшой мощности определяющим фактором при выборе сечения провода является механическая прочность ЛЭП. Обычно минимальное стандартное сечение провода для мощностей до 160 кВт выбирается 16 мм^2 .

Значения максимальной длины ЛЭП в зависимости от мощности объекта электроснабжения для напряжения распределительной сети 6 и 10 кВ при величине потерь напряжения 5% приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальная длина ЛЭП в зависимости от мощности объекта и напряжения сети

Напряжение сети, кВ	Мощность объекта, кВт					
	25	40	63	100	160	250
6	37	23	14	9	6	-
10	103	64	41	26	16	10

Таким образом, электрификация от централизованных электрических сетей объектов мощностью менее 250 кВт ограничивается расстоянием не более чем 10 км.

Использование более высокого напряжения распределительной сети позволяет при тех же условиях несколько увеличить дальность централизованного электроснабжения, однако строительство более высоковольтных и более дорогих ЛЭП (например, 35 кВ) при малых передаваемых мощностях нецелесообразно из-за низкого коэффициента загрузки по мощности [2].

Соответственно, оценивать экономические характеристики высоковольтной ЛЭП, работающей в режиме, близком к холостому ходу, абсурдно.

Помимо этого, чисто технического ограничения, встает вопрос по дороговизне как самого строительства ЛЭП, так и их содержания, и обслуживания.

Всё это вместе делает очевидным маловероятность электроснабжения мелких удаленных потребителей с помощью присоединения их к централизованным электрическим сетям.

По второму варианту электрообеспечения малонаселенных и удаленных поселений (через создания децентрализованных зон) наиболее распространенным источником электроэнергии являются стационарные и передвижные дизельные электростанции (ДЭС), которых по России насчитывается более 5 тыс. и которые вырабатывают порядка 1,8 млрд кВт·ч электроэнергии при потреблении около 0,8 млн. т условного топлива

ежегодно.

Основными проблемами электроснабжения малонаселенных и удаленных поселений от ДЭС являются:

- плохое техническое состояние ДЭС;
- большие расстояния подвоза топлива и зависимость от его поставок;
- ограниченность сроков сезонного завоза (до некоторых удаленных пунктов топлива транспортируется год и более, с промежуточным хранением на перевалочных базах) и наиболее труднодоступных районах;
- слабое развитие транспортной инфраструктуры;
- зависимость от бюджетного финансирования;
- высокая стоимость выпускаемой электроэнергии (в некоторых регионах до 40 руб/кВт).

Слабое развитие транспортной инфраструктуры в значительной мере осложняет проблему топливоснабжения. Большие расстояния перевозок, многозвенность и сезонность завоза топлива приводят к высоким потерям и многократному его удорожанию. У наиболее удаленных потребителей транспортная составляющая стоимости привозного топлива достигает 70-80 %.

Источники малой мощности, используемые для автономного электроснабжения, как правило, имеют низкие технико-экономические показатели. В дополнение к этому рост цен на топливо, увеличение транспортных тарифов (что особенно сказывается на удаленных регионах) приводят к высокой стоимости производства электроэнергии. Недопоставки топлива влекут за собой длительные перерывы электроснабжения [3].

Мощность ДЭС, обеспечивающие изолированного потребителя, определяется «пиковой» потребляемой мощностью, которая определяется графиком нагрузки объекта электроснабжения. Как правило, автономные потребители характеризуются крайней неравномерностью потребления электроэнергии, что приводит к существенному недоиспользованию установленной мощности ДЭС. В результате, коэффициент полезного действия таких станций резко снижается, а удельный расход топлива на выработку 1 кВт·ч электроэнергии увеличивается относительно паспортных данных. Энергетическая и экономическая эффективность ДЭС в таких режимах работы значительно снижается. Даже при условии режима «холостого хода» (при нулевой потребляемой мощности) расход топлива уменьшается всего на 15-20 % от режима «пиковой нагрузки», а степень изнашиваемости агрегата не изменяется.

Большинство источников автономного электроснабжения является убыточным, т.к. себестоимость производства электроэнергии значительно выше тарифа, устанавливаемого для населения, а отсутствие в подавляющем большинстве мелких изолированных населенных пунктов промышленных объектов не позволяет компенсировать оплату на счет промышленных тарифов.

ТЭЦ на биотопливе позволяет существенно повысить энергетическую безопасность региона, дать значительный импульс развитию экономики, в

частности, сельского хозяйства, лесопереработки и лесопользования. Производство электрической и тепловой энергии, имеют объективные экономические основания для того, чтобы наращивать объемы сжигания биотоплива. Экономическая эффективность проектов ТЭЦ на биотопливе, может быть существенно улучшена при реализации конкретного проекта, за счет уменьшения стоимости биологического топлива, минимизации транспортных расходов на его доставку, применения прогрессивных технологий, высокоэффективного технологического цикла генерации электроэнергии и тепла.

Сжигать местное биотопливо для получения электричества или тепла – выгоднее, чем сжигать уголь, мазут или другое ископаемое сырье.

Технология производства тепловой и электрической энергии, за счет возобновляемых источников освоена давно, и является одним из наиболее перспективных сегментов мировой биоэнергетики [4].

Основные типы генерации электроэнергии: газогенераторная (установка по получению газа и генератора э/энергии) и энергия парового двигателя (паровой котёл и турбина на пару для выработки э/энергии - тепловая энергостанция (ТЭС или ТЭЦ)). ТЭЦ применяются для совместного получения э/энергии и тепла (горячего водоснабжения, отопления) [5].

Топливо: топливная щепа, отходы деревообрабатывающих предприятий (опил, стружка, кусковые отходы), древесные топливные гранулы(пеллеты), агрогранулы (отходы сельскохозяйственных культур), остатки после рубок ухода и санитарных рубок и т.п.

Преимущества газогенераторных электростанций и мини-ТЭЦ:

- небольшое начальное капиталовложение;
- близость к потребителям и непосредственно под нужды потребителя(заказчика) и по месту;
- более экономичное использование топлива для произведенных видов энергии в сравнении с общепринятыми отдельными способами их производства;
- позволяет избежать затрат на строительство дорогостоящих и опасных высоковольтных линий электропередач;
- тепло используется непосредственно в месте получения, а это обходится гораздо дешевле, чем строительство и эксплуатация(обслуживание) многокилометровых теплотрасс;
- исключаются потери при передаче энергии;
- отпадает необходимость финансовых затрат на выполнение технических условий подключения к сетям централизованного электроснабжения;
- бесперебойное электроснабжение качественной электроэнергией, соблюдение заданных значений напряжения и частоты;
- возможно, получение прибыли.

Экономическая привлекательность проектов строительства мини-ТЭЦ обусловлена тем обстоятельством, что все компоненты станции могут

изготавливаются отечественными производителями, в частности такими, как Бийский, Белгородский и Барнаульский котельные заводы, Калужский турбинный завод и др.

Общепризнано, что сжигание биотоплива различного происхождения в кипящем слое является универсальной технологией. Она обладает наибольшей эффективностью при использовании высоковлажных низкокалорийных отходов разной крупности и состава.

Последнее особенно важно для предприятий с большим выходом кородревесных отходов, например ЦБК. До настоящего времени эти отходы утилизируются на механических колосниковых решетках, разработанных еще в 60-х годах прошлого столетия. Сжигание коры на них требует подсветки факела жидким топливом. Сегодня, из-за резкого удорожания мазута, стало практически неизбежным применение новых технических решений по сжиганию таких отходов, базирующихся на технологиях кипящего слоя. Они позволяют без использования мазута обеспечивать эффективное сжигание кородревесных отходов влажностью до 65–70 %.

Богатый зарубежный опыт применения технологии кипящего слоя свидетельствует о ее высокой эффективности и минимальном вредном воздействии на биосферу.

За рубежом при строительстве новых энергоисточников часто исходят из необходимости обязательной утилизации местного биотоплива, доля которых в выработке энергии на данном объекте может достигать до 60–80%. При этом могут применяться два способа совместного сжигания базового топлива (как правило, угля) и отходов. Наиболее простым является смешение угля и биомассы на складе топлива. Если данный способ неприемлем, то применяется раздельная подача угля и биомассы. Наиболее приспособленными для совместного сжигания ископаемых топлив и биомассы являются котлы с кипящим слоем [5].

Сегодня ОАО «Бийский котельный завод» располагает достаточно широкой номенклатурой котлоагрегатов для сжигания древесных отходов, оснащенных как традиционными топками, например, системы Померанцева, так и топками кипящего слоя, предназначенными для всех видов древесных отходов, включая кородревесные. Мощностной ряд выпускаемого оборудования включает котлы производительностью от 10 до 35 т/ч на параметры пара – 1,4–4,0 МПа и 194–440 °С. Данные котлы по параметрам и производительности хорошо сочетаются с турбинами, изготавливаемыми Калужским турбинным заводом, и совместно с последними являются эффективным надежным оборудованием для комплектации мини-ТЭЦ.

Единичная мощность турбин Калужского завода охватывает ряд от 0,6 до 30 МВт. Это могут быть конденсационные турбины, конденсационные турбины с регулируемым отбором пара на промышленные или отопительные нужды, турбины с противодавлением, турбины с противодавлением и отбором. Сюда же относятся турбогенераторы блочные малой мощности, которые могут быть конденсационными, конденсационными с отбором пара,

конденсационными с отбором пара и бойлером для подогрева сетевой воды.

В котлах с топками кипящего слоя Бийского котельного завода помимо древесных отходов могут также сжигаться низкокалорийные высоковлажные бурые угли, что обеспечивает возможность проектирования и строительства мини-ТЭЦ с такими котлами для случаев, когда требуется совместное сжигание древесных отходов и углей. Работа котлов кипящего слоя при сжигании древесных отходов характеризуется высокой экономичностью (КПД брутто 82–84 %), слабой чувствительностью к колебаниям качества топлива (по калорийности и дисперсному составу), высокой стабильностью нагрузки и параметров пара и может быть полностью автоматизирована.

Как правило, котельные заводы наряду с основной продукцией производят полный набор котельно-вспомогательного оборудования, обеспечивающего экономичную и надежную работу котлов. Это вентиляторы и дымососы, питатели топлива, оборудование шлакозолоудаления, встроенные и санитарные золоуловители, воздухоподогреватели, экономайзеры, оборудование водоподготовки и теплообменное оборудование.

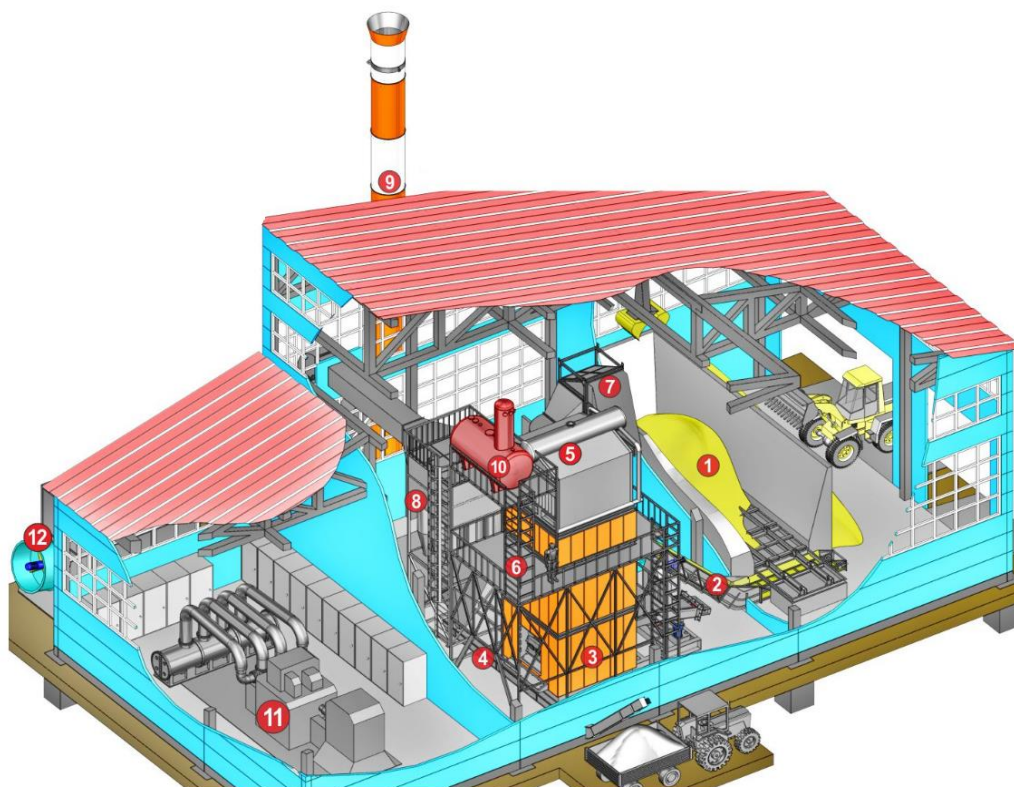
Отделения мини-ТЭЦ по приему, подготовки и подачи топлива также могут быть полностью укомплектованы отечественным оборудованием (это – транспортеры ленточные, цепные, скребковые и шнековые, дезинтеграторы, корорубки, бункеры-питатели и др.), обеспечивающим подготовку и подачу в котлы любых видов отходов древесины.

НИЦ ПО «Бийскэнергомаш», занимается разработкой котельного оборудования для ОАО «Бийский котельный завод» на нетрадиционные топлива, в частности древесные отходы. В эксплуатации находятся котлы КЕ-6,5-14-225 на деревообрабатывающих предприятиях в г. Череповце и в п. Шексна (Вологодская область), котлы КЕ-10-14 в котельной ОАО «Тернейлес» (Приморский край), котел КЕ-20-16-320 на Пермском фанерном комбинате. В настоящее время монтируется котел КЕ-20-40-440 на ТЭЦ Вишерской бумажной компании. Котел рассчитан на выработку 20 т/ч перегретого до 440 °С пара давлением 4 МПа при сжигании древесных отходов и включает в себя топочный блок с ширмовой ступенью пароперегревателя и реактором кипящего слоя, конвективный блок, состоящий из конвективной ступени пароперегревателя и испарительного пучка с двумя барабанами. Котел агрегатирован системой вторичного дутья, системой регенерации и удаления материала слоя и системой возврата уноса со встроенным золоулавливающим пучком (на рисунке не показан).

Разработан также котел КЕ-20-24-370 на параметры пара 2,4 МПа 370 °С, который предполагался к установке (6 котлов) на мини-ТЭЦ по проекту «Владимирский лес» и 2 котла – на второй очереди мини-ТЭЦ Лесосибирского ЛДК-1 в Красноярском крае. Однако данные проекты не состоялись ввиду отсутствия финансирования.

В качестве примера на рисунке 1 представлена компоновка мини-ТЭЦ (без отделения топливоподготовки) электрической мощностью 8 МВт с

двумя турбинами П4–2,4/0,6 с регулируемым отбором пара Калужского завода и четырьмя котлами КЕ–25–26–330 Бийского завода (рисунок 1) [6].



- 1 – Топливный склад; 2 – Транспортер; 3 – Котел; 4 – Транспортер золоудаления;
 5 – Паровой теплообменник; 6 – Площадки обслуживания; 7 – Рекуператор;
 8 – Циклонная установка; 9 – Труба с дымососом; 10 – Деаэратор;
 11 – Турбогенератор; 12 – Градирия

Рисунок 1 – Компоновка Мини-ТЭС

Библиографический список

1. Буренин В.В. Очистка и обезвреживание пылегазовоздушных выбросов предприятий теплоэнергетики [Текст] / В.В. Буренин // Москва : Промышленная теплоэнергетика, 2009, – С. 49–54.

2. Ушаков В.Я. Повышение энергоэффективности экономики России: планы и действия [Текст] / В. Я. Ушаков // Томск : Известия Томского политехнического университета № 4, 2009, – С. 52–56.

3. Красильникова Л.Г., Лукьянец А.А., Нечай М.Г., Федецкий И.И. Тарифное регулирование локальных рынков теплоснабжения Кемеровской области на основе функционально-стоимостного и технологического анализа [Текст] / Л. Г. Красильникова, А. А. Лукьянец, М. Г. Нечай, И. И. Федецкий // Томск : Изд-во ГУП РПО СО РАСХН, 2004, – 360 с.

4. Астахов В.И. Временные методические указания по установлению технических (максимально допустимых) нормативов удельных выбросов за-

грязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок [Текст] / учебник / В. И. Астахов. – Москва : Изд-во ВТИ, 2001. – 6 с.

5. Дашков В. Н. Возобновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК [Текст] / монография / В. Н. Дашков. – Барановичи // Москва : Наука, 2003 – 184 с.

6. Трухний А.Д., Макаров А.А., Клименко В.В. Основы современной энергетики: учеб. для вузов: в 2 ч. под общ ред. Е. В. Аметистова. Ч. 1, Современная теплоэнергетика [Текст] / А. Д. Трухний, А. А. Макаров, В. В. Клименко. - 2-е изд., перераб. и доп. // Москва : Изд-во МЭИ, 2003. – 376 с.

УДК 666.1.002.68

ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СТЕКЛА

Гашникова А.О., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: gashnikova20172017@gmail.com*

Статья посвящена анализу технологий по переработке отходов стекла.

Ключевые слова: стекло, круговорот стекла, переработка, утилизация, сортировка.

В последние два десятилетия в России наблюдается увеличение объемов образования стеклобоя. Переработка стекла включает в себя комплекс мероприятий по обработке поступающей тары для создания сырья или готовой продукции. Работа состоит из множества этапов, от сбора и сортировки до плавки и сбыта.

Битое стекло является наиболее трудным для утилизации отходом, который, попадая в природную среду, будет наносить серьезный ущерб окружающей среде на протяжении столетий. В то же время это ценный материал, для производства которого использовалось не только природное сырье, но и значительные энергетические ресурсы.

Правильная утилизация стекла важна по ряду причин, связанных с составом продукта, занимаемой площадью и характеристиками стеклянных отходов. Стекло при попадании в окружающую среду представляет опасность из-за следующих факторов:

1. длительный период разложения более 1000 лет;
2. физическая угроза живым существам через разбитое стекло – возможность получения травмы;
3. предотвращение развития растений, образующих в почве слой стекла.

Битое стекло превращается в готовый к использованию материал путем переплавки в специальных печах.

Процесс утилизации проходит в несколько этапов:

1. Первым этапом является сбор стеклянных отходов у населения, предприятий и организаций. Для этого организуются специальные приемные

пункты и заключаются договоры с крупными предприятиями, где отходы стекла являются частью технологического процесса. В этом процессе важную роль играют городские свалки, где образуются большие массы этих отходов.

2. На перерабатывающем заводе собранные отходы стекла проходят первичную промывку и сортировку по классам. Сортировка – самая трудоемкая работа, так как выполняется вручную на движущемся конвейере. После разделения по цвету стекломой подвергают измельчению в дробильных установках и просеиванию с сортировкой на фракции.

3. На последнем этапе подготовленное сырье переплавляется в специальных плавильных печах, где при высокой температуре отходы превращаются в однородную массу стекла определенного цвета. Из этой массы формируются новые стеклянные изделия.

Чаще всего предварительная обработка для получения сырья осуществляется на отдельных предприятиях, а полученный продукт поставляется производителям различной стекольной продукции. Да и сам процесс плавки имеет свои нюансы, но в целом все выглядит так, как описано выше. Рассмотрим каждый из этапов обработки стекла, начиная с сортировки, в более подробном виде.

Эта операция начинается в пунктах приема стеклотары, где бутылки и банки разделяются по цвету.

Непосредственно на перерабатывающих предприятиях сортировка осуществляется на конвейере с использованием ручной работы или специальных автоматических сепараторов.

Небольшие компании используют ручной труд, в то время как крупные фабрики используют автоматизированное оборудование, такое как сортировщики цвета и другие системы разделения корпуса.

После разделения стекла по цвету остатки смывают, отделяют различные включения и сушат горячим воздухом.

Он выполняется в нескольких вращающихся контейнерах, соединенных друг с другом конвейерными лентами. Оборудование комплектуется различными ловушками, магнитными сепараторами, фильтрами и сетками. На заключительном этапе сырье сушат в сушильных камерах.

После очистки стеклянные отходы должны быть разделены на определенные фракции в зависимости от технологии производства конечного продукта.

Сырье измельчается на специальных автоматических линиях.

Такое оборудование работает следующим образом.

Переработанные стеклянные отходы загружаются в молотковые дробилки, где верхние молоты измельчают сырье до требуемой крупности и пропускают его через калибровочное сито в разгрузочную камеру. В то же время очистительный циклон удаляет стеклянную пыль из сырья.

Стекло сырье, полученное после дробления, готово к использованию. Его нужно только промыть специальным раствором, высушить, добавить необходимые добавки и упаковать или отправить в печь на переплав.

Упакованное сырье отправляется на переработку. Если на предприятии имеется полный цикл получения готовой продукции из отходов стекла, то необходима либо плавка, либо другая технологическая операция.

Переплавка сырья осуществляется в специальных газовых печах. Жидкая стекломасса может подаваться в формы или специальные выдувные линии для получения готовой продукции. Все зависит от вида изделий, которые нужны из отходов стекла.

Некоторые виды стеклотары можно использовать повторно без переплавки стеклобоя в печах и получения новых изделий. К ним относятся стандартные бутылки и банки, которые после мытья и дезинфекции продаются потребителю, что приносит хороший доход.

Помимо тары, отходы стекла могут быть использованы для производства недорогой продукции, востребованной на рынке, особенно для строительной отрасли.



Рисунок 1 – Круговорот стекла

Стеклобой используется в производстве многих строительных материалов, но наиболее популярными из них являются следующие позиции:

1. Стекловата. Универсальный утеплитель с высокими звукоизоляционными свойствами. Для его производства отходы стекла переплавляются в специальное волокно, которое является основой продукта. Стекловата из отходов намного дешевле традиционных изделий из песка, соды и известняка.

2. Пеностекло. Качественный утеплитель, выпускаемый в виде гранул, блоков, листов и т. д. Технология производства пеностекла из стеклобоя достаточно проста. Отходы измельчают, переплавляют и вспенивают в специальных установках с последующим охлаждением.

3. Жидкое стекло. Универсальный материал, используемый в различных промышленных и бытовых сферах. Силикатный клей представляет собой жидкое стекло. В строительстве применяется для гидроизоляции, как добавка в бетон и т.д. В производстве жидкого стекла песок заменяется стеклобояем, что удешевляет производство.

4. Внутренний кафельный пол. Из отходов стекла можно изготовить отличную плитку для отделочных работ. Технология производства элементарна: дробленое стекло смешивают со специальной смолой и заливают в формы для затвердевания. Плитка выглядит «дорого» и обладает водоотталкивающими свойствами.

Библиографический список

1. Утилизация стекла и переработка стеклобоя [электронный ресурс] <https://masakarton.com/utilizatsiya-stekla-i-pererabotka-stekloboya/> (дата обращения 05.12.2022 г);

2. Утилизация стекла и переработка стеклобоя [электронный ресурс] <https://masakarton.com/utilizatsiya-stekla-i-pererabotka-stekloboya/> (дата обращения 05.12.2022 г);

3. Переработка и утилизация стекла [электронный ресурс] <https://ecologanna.ru/util-i-pererab/pererabotka-i-utilizatsiya-stekla> (дата обращения 05.12.2022 г);

4. Вторичная переработка стекла [электронный ресурс] <https://www.mirstekla-expro.ru/ru/ui/17006/> (дата обращения 05.12.2022 г);

5. Этапы переработки стекла: сбор, дробление, сортировка и итоговая продукция [электронный ресурс] <https://stop-othod.ru/recycling/pererabotka-stekla.html> (дата обращения 05.12.2022 г);

6. Переработка стекла [электронный ресурс] <https://punkti-priema.ru/articles/pererabotka-stekla> (дата обращения 05.12.2022 г);

7. Переработка стекла: вторичное использование, открытие бизнеса [электронный ресурс] <https://cleanbin.ru/utilization/solid/glass-recycling> (дата обращения 05.12.2022 г);

8. Весь процесс переработки стекла: утилизация как способ сохранить природу и заработать [электронный ресурс] <https://rcycle.net/steklo/pererabotka-utilizatsiya> (дата обращения 05.12.2022 г).

УДК 552.578.1

ПРОГНОЗЫ РАСПОЛАГАЕМЫХ ЗАПАСОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ИХ МОЩНОСТИ. ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ ТРАНСПОРТА И ГАЗА

Сидонова М.В., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: mkirilyak16@mail.ru*

В данной статье описывается роль газовой промышленности в топливно-энергетическом комплексе России. Рассматривается статистика лидеров по запасам. Особое внимание уделяется популярным способам добычи природного газа и его проблемам, а также транспортировке газа.

Ключевые слова: природный газ, метан, газопровод, трубопровод, добыча, транспортировка.

«Голубое топливо», «будущее “зеленой” энергетики» - так называют природный газ (далее - ПГ).

Газовый комплекс играет важную роль в экономике РФ. Газ активно применяется в разных сферах деятельности, это обуславливается экологичностью газа как топлива, удобством транспортировки и хранения. Повышение спроса на природный газ РФ влечёт за собой необходимость развития инфраструктуры газового комплекса страны. Его отличают полнота сгорания без дыма и копоти, отсутствие золы после сгорания, легкость розжига и регулирования процесса горения, высокий коэффициент полезного действия использующих газ установок, экономичность и простота транспортировки к потребителю и возможность хранения в сжатом и сжиженном состоянии; отсутствие вредных веществ

ПГ, как следует из названия, имеет естественное происхождение. В земных недрах он преобладает в трех формах - газовые залежи (отдельные скопления), газовые «шапки» на нефтегазовых месторождениях, растворенное состояние в составе воды либо нефти. Для данной смеси характерно два состояния - газообразное (нормальные условия - 101,325 кПа и 0 °С) и кристаллическое (форма естественного газогидрата). Существуют еще две доказанные теории появления ПГ в природе - биогенная и минеральная.

Биогенная теория: появление ПГ вследствие анаэробного разложения животных и растительных организмов в условиях воздействия большого давления и высоких температур.

Минеральная теория: образование ПГ вследствие химической реакции, происходящей в самых глубинных недрах Земли. Под влиянием высоких температур и давления газ синтезировался из неорганических соединений, а уже затем углеводородная летучая смесь поднялась к пластам с наименьшим давлением, образуя собой залежи полезных ископаемых.

Несмотря на основательность обеих теорий, в научных спорах современности победу пока что одерживает первая из них - биогенная [1].

ПГ нередко называют метаном - по основному компоненту состава. Но такое наименование не совсем верное, так как по своей сути это смесь, в которой могут присутствовать тяжелые углеводороды (являющиеся гомологами метана): метан (CH_4), этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), пентан (C_5H_{12}). Химический состав и формула ПГ представлены на рисунке 1.

В зависимости от месторождения, природный газ также может содержать в себе химические элементы, не являющиеся по природе углево-

дородными: водород (H₂), сероводород (H₂S), углекислый газ (CO₂), азот (N₂), гелий (He) [2].

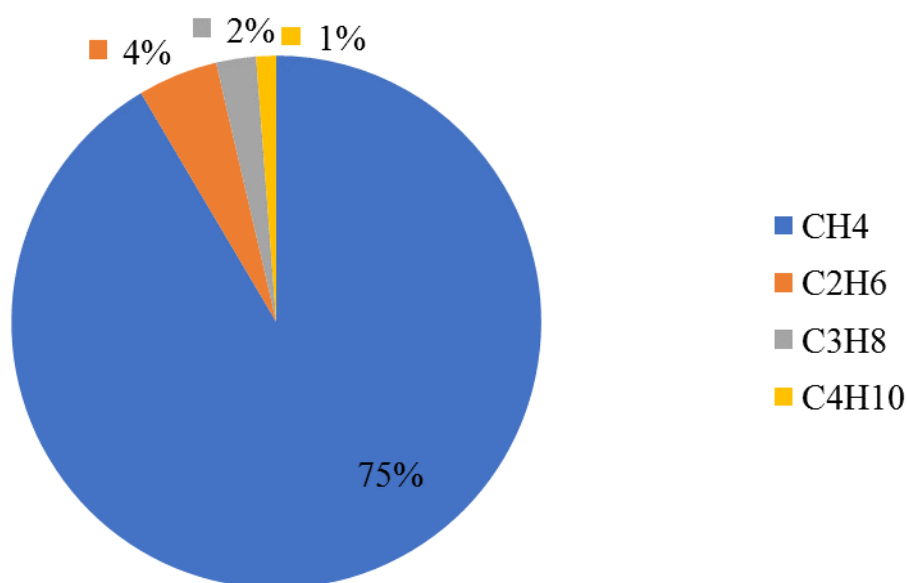


Рисунок 1 – Химический состав ПГ

Точно узнать, какой именно объем ПГ скрывают недра Земли, невозможно. На конец 2020 года государства-члены организации обладали 73,74 трлн. куб. м «голубого топлива». Год от года общемировые газовые запасы уменьшаются, в среднем, от 0,5 % до 1,5 %. Самые значительные запасы газа сконцентрированы на пространствах Ближнего Востока - 81 075 млрд. куб.м. При этом лидером по уже разведанным (доказанным) запасам ПГ является РФ. По данным Минприроды РФ, извлекаемые запасы природного газа составляют порядка 48,9 млрд. куб. м. Этого хватит еще примерно на 100 лет при сохранении текущего уровня добычи. Статистика добыча ПГ представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Статистика добыча ПГ по странам

№п/п	Страна	Добыча ПГ в 2020г., млрд. куб. м
1	Российская Федерация	48 938
2	Иран	34 077
3	Катар	23 831
4	Туркменистан	15 365
5	США	12 938

С течением времени уровень добычи газа может не только увеличиваться, но и снижаться: так, в 2020 он оценивался в 3,918 млрд. куб. м, что на 3,5 % меньше, чем в 2019. Причиной падения показателей стала охватившая весь мир пандемия коронавируса COVID-19. Что касается стран-лидеров по добыче ПГ: США: 948 423 млн. куб. м, Россия:

649 144 млн. куб. м, Иран: 253 770 млн. куб. м, Китай: 187 390 млн. куб. м, Катар: 184 880 млн. куб. м [3].

Так как природный газ залегает в земной коре на глубине от 1000 м до 6000 м, главным способом его добычи является бурение скважин.

Как сырье поднимается на поверхность? В недрах планеты газ находится в мелких порах, соединенных между собой трещинами - микроскопическими канальчиками. Согласно законам физики, ПГ движется из пустот с высоким давлением в пустоты с более низким давлением - это происходит до тех пор, пока он не окажется в скважине. Так как в пласте на газ воздействует давление, в разы превышающее атмосферное, он вынужден выйти на поверхность.

Отсюда следует, что основной «двигатель» в газовой добыче - разность давления. Это может привести и к опасным последствиям, так как разработка месторождения вызывает снижение давления и в самом пласте. Это ведет за собой проседание грунта, от чего страдают местные экосистемы, рушатся фундаменты домов и водопроводные, канализационные коммуникации. Еще один вред - выделение в ряде месторождений кислого газа, содержащего сероводород, крайне токсичный для организма. Чтобы не допустить отравления, добываемый ПГ очищают амином.

Следующий способ добычи широко распространен в Северной Америке - данным путем добывают до 70 % природного газа в США. Он называется «гидравлическим разрывом пласта» - подразумевает применение горизонтального и наклонно-направленного бурения, что улучшает доступ к ископаемому, скрытому в горных породах. Газ добывается следующим образом: воду смешивают с необходимыми химическими веществами, а затем нагнетают жидкость в породу. Пущенная под высоким давлением, вода раскалывает камень, что ведет за собой выделение газа из породы. Химические добавки уменьшают трение, препятствуют коррозии. Газ тем временем поступает в обсадную трубу и выходит на поверхность [4,5].

Добытый природный газ необходимо доставить до потребителя - государственной газовой сети, ТЭЦ, котельной или химического предприятия. Однако перед этим сырье обязательно подготавливают, чтобы устранить вредные и нежелательные примеси:

- пары воды - могут образовывать гидраты или конденсат, мешающий прохождению газовой смеси;

- сероводород - способен вызвать сильную коррозию.

Чаще всего для подготовительных мероприятий задействуют азотные установки [6].

На сегодня основной способ транспортировки сырья - газопровод. Нагнетая давление до 75 атм., газовую смесь перекачивают по трубам, чья окружность может достигать 1,4 м. Так как газ, проходя по трубопроводу, теряет свою потенциальную энергию в процессах преодоления силы трения о стенки трубы, она рассеивается теплом. Чтобы дело не дошло до катастрофической степени нагревания и падения скорости прокачки, на протяжении

газопровода сооружают компрессорные станции, где газовую массу дожимают от 55 до 120 атм., после чего охлаждают [7].

Газопроводы – дорогостоящее сооружение в отношении и сооружения, и транспортировки сырья, и обслуживания. Но с экономической точки зрения - самый оправданный способ для отправки топлива на средние и малые расстояния.

Трубопровод - основной, но не единственный способ. Сжиженный природный газ доставляют и иными способами:

- Танкеры-газовозы - специальные морские суда, где газовую смесь перевозят в изотермических баллонах, охладив до температуры от -160°C до -150°C .

- Специальные железнодорожные цистерны.

Транспортировка танкерами считается экономически выгодной в случае, если путь до заказчика составляет не менее 2000 км. Основные расходы тут приходятся не на саму транспортировку, а на строительство инфраструктуры, погрузку-разгрузку. В пользу перевозки сжиженного газа нередко называют и тот факт, что это более безопасно, чем перекачка сжатой смеси. Помимо перечисленных способов, ученые предлагали проекты по транспортировке метана дирижаблями или в газогидрат-состоянии, но большого распространения они не получили [8].

Таким образом, природный газ - перспективное топливо настоящего времени. Он используется для отопления, подогрева воды, приготовления еды на бытовых плитах и горелках. Широко использование его компонентов в химической промышленности: из этана синтезируют этилен, ацетилен применяется при сварке, пропаном заправляют автомобили, а гелием — воздушные шары и аэростаты. В отличие от нефти и угля, при сгорании «голубого топлива» выбросы CO_2 в атмосферу минимальны. Но при этом выделение вредного углекислого газа, создающего парниковый эффект, все же присутствует. Именно этот факт делает спорным включение природного газа в число экологических источников энергии.

Библиографический список

1. Аметистова Л.Е. Экологические аспекты СПГ-проектов в арктических условиях / Л.Е. Ахметистова, А.Ю. Книжников. - Электрон. Текстовые данные. - Москва: Всемирный фонд дикой природы. -2016. - С 47.

2. Голубева И.А., Ключев В.М., Баканев И.А. Особенности технологии сжижения природного газа в условиях арктического климата. Газовая промышленность. - № 1. – 2015. - С. 73-78.

3. Дворянинова Н.Е., Терегулов Р.К., Мастобаев Б.Н. Создание первого в Европе завода по сжижению природного газа в арктических условиях // Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук». – Уфа: УГНТУ. - 2019 - С. 461-465.

4. Мещерин И.В., Настин А.Н. Анализ технологий получения сжиженного природного газа в условиях арктического климата // Труды Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2016. – С. 144-167.

5. Терегулов Р.К., Локшина А.А., Дмитриева Т.В. Состояние танкерного флота для перевозки СПГ в первые годы XXI века // Материалы VIII Международной научной конференции «Современные проблемы истории естествознания в области химии, химической технологии и нефтяного дела». – Уфа: Реактив. – 2019. - С. 86-87.

6. Терегулов Р.К., Локшина А.А., Дмитриева Т.В. Транспортировка судами сжиженного природного газа // Материалы IV Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт 2008». - Уфа: УГНТУ. – 2019. - С. 73-75.

7. Федорова Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. - Москва: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. - 2011. - С 159.

8. Шаммазов А.М., Терегулов Р.К., Мастобаев Б.Н., Коробков Г.Е. Производство, хранение и транспорт сжиженного природного газа. – Санкт-Петербург: Недра. – 2020. – С. 152.

УДК 628.477

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА МУСОРА В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Гашникова А.О., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: gashnikova20172017@gmail.com*

Статья посвящена разработке технологии раздельного сбора мусора в учебных заведениях. В представленной работе предложено несколько рекомендаций по внедрению предлагаемой технологии и выходу учебного заведения на новый уровень.

Ключевые слова: экология, раздельный сбор мусора, СибГИУ, загрязнение, отходы.

Проблема загрязнения мусором – это одна из самых важных и острых экологических проблем современности. С каждым годом Земля все сильнее покрывается отходами, а большие площади отводятся под свалки.

На сегодняшний день они занимают территорию в четыре с половиной миллиона гектаров и продолжают расти. Из-за отсутствия эффективной системы раздельного сбора отходов в России, большая часть мусора выбрасывается и отравляет почву, воздух или воду. Но при этом огромное число отхода можно отправить на вторичную переработку. В то же время российские

предприятия-переработчики недозагружены вторичной продукцией от 30% до 60% и даже покупали ее за рубежом.

Чтобы получить полезные фракции из отходов, необходимо их разделить на этапе выбрасывания в мусорное ведро или контейнер. Смешанные отходы гораздо тяжелее утилизировать

Чтобы извлечь из отходов максимум полезных фракций, нужно разделять их еще на этапе выбрасывания в мусорное ведро. По мере того, как пластик, металлы или бумага смешиваются с остатками пищи процент переработки оказывается намного ниже. Для исключения роста мусорных полигонов, необходимо собирать отходы отдельно.

Кроме того, такая практика может быть полезной для учебного заведения. Внедрение данной технологии позволит сэкономить деньги. Преимущества данной технологии заключаются:

1. Снижение выплат за вывоз мусора;
2. Новейший способ заработка на сдаче вторсырья на переработку.

Далее, описано пошаговое внедрение отдельного сбора отходов в учебном заведении. В качестве внедрения технологии выбран Сибирский государственный индустриальный университет.

Шаг 1: Сбор команды единомышленников.

Первоначально на данном этапе должно быть выяснено существуют ли в ВУЗе различные экологические движения или имеется практика среди хозяйственно-бытовой администрации учебного заведения по экологическим проектам.

Если данные движения существуют и работают в объединенном режиме, то нужно просто присоединиться и развиваться вместе с командой единомышленников.

Если данные инициативы работают в отдельных режимах, то посредством вступления в одну организацию нужно быть инициатором объединения всех порознь функционирующих проектов для их дальнейшей слаженной и эффективной работы и так продолжать работать на благо экологии своего ВУЗа.

Но при отсутствии движений в учебном заведении нужно найти команду единомышленников, организовав с ними экологическое движение, для эффективной работы которого необходимо составить план развития с горизонтом планирования на 2-3 года и с данным документом обратиться в администрацию ВУЗа с предложением по внедрению и с помощью площадок (например, Движение «Российские студенческие отряды») организовать работу своей команды.

Подробный план несет за собой реализацию последующих шагов

Шаг 2 : Анализ отходов учебного заведения.

Для эффективной работы в области отдельного сбора мусора необходимым и важным шагом является анализ всех производимых отходов учебного заведения. Это помогает понять дальнейшую стратегию развития иници-

циативы, которая выявляет проблематику вопроса утилизации и переработки того или иного вида отходов.

Шаг 3: Решения задач эффективного расположения специальных контейнеров для раздельного сбора мусора и дальнейшего хранения собранных отходов.

На данном этапе важным аспектом является выявление мест наибольшей проходимости людей в учебном заведении, высокий трафик которых позволит наиболее эффективно раздельно собирать мусор. В таких местах потребуется установка дополнительных контейнеров, не исключая факта того, что данные емкости должны устанавливаться по территории всего ВУЗа. Впоследствии должна быть организована площадка, которая будет направлена на хранение раздельно собранного мусора.

Шаг 4: Планирование мероприятий по дальнейшему вывозу раздельно собранных отходов.

Данный шаг включает в себя нахождение специальной подрядной организации, которая будет в установленные графиком даты независимо от количества собранного мусора вывозить раздельно собранный мусор для дальнейшей переработки в экологически чистый продукт.

Шаг 5: Проведение экологических мероприятий по популяризации и освещению экологической повестки среди студентов и работников учебного заведения.

Перечень мероприятий может быть максимально обширен. От просветительских лекций, затрагивающих региональную до мировой экологической повестки, до организованных дней сбора отдельного вида отхода.

Шаг 6: Развитие альтернативных мероприятий с целью комплексного решения проблем.

Впоследствии успешного внедрения и активной поддержки экологического движения среди студентов и работников ВУЗа необходимо разработать план мероприятий комплексного решения проблем в области экологии. Примером таких мероприятий могут являться: скидки на кофе среди студентов, которые наливают напиток в собственные кружки, повторное использование файлов посредством их обмена между студентами и т.д.

Шаг 7: Привлечение инвесторов.

Любой проект и любая инициатива всегда требует финансирования и с целью получения денежных средств необходимо найти своего инвестора, который в рамках данного проекта обеспечит закупку контейнеров, агитационных плакатов, пояснительных плакатов по сбору мусора и т.д.

Таковыми инвесторами могут выступать как администрация ВУЗа, которая может быть заинтересована в поднятии рейтинга, репутации и популярности среди других учебных заведений, так и частные компании по сбору мусора, которые заинтересованы в развитии своей клиентской базы, расширение которой обеспечится за счет активного освещения деятельности движения с указанием организации инвестора. Так же источником финансирования могут выступить государственные гранты.

Подводя итог, можно сказать о важной проблеме отдельного сбора мусора, которая в рамках каждого образовательного учреждения является малой частью огромной мировой повестки, ведь согласно практике большая часть отходов, которые складываются вперемешку попадают на общие свалки, нанося огромный экологический ущерб, начиная от отравления плодородных слоев почвы, заканчивая разрушением озонового слоя, что вызывает впоследствии мировое потепление. Реализация проекта по отдельному сбору мусора и другим экологическим инициативам позволит СибГИУ не только улучшить репутационные и экономические показатели образовательного учреждения, но и принести свою малую часть в улучшение мировой экосистемы.

Библиографический список

1. Как внедрить отдельный сбор отходов в вузе [электронный ресурс] [How-to-introduce-rso.pdf](#) (дата обращения 19.02.2023 г).
2. Отдельный сбор мусора в ВУЗах [электронный ресурс] <https://drugoedelo.ru/tpost/3iouzof8d1-razdelnii-sbor-musora-v-vuzah> (дата обращения 19.02.2023 г).
3. Как внедрить отдельный сбор отходов в вузе [электронный ресурс] <https://greenpeace.ru/how-to/2020/08/19/kak-organizovat-razdelnyj-sbor-v-universitete/> (дата обращения 19.02.2023 г).
4. Отдельный сбор отходов [электронный ресурс] <http://soc.volganet.ru/08/news/news/392072/> (дата обращения 19.02.2023 г).

УДК 622.630.22

ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ – ПУТЬ К ДЕКАРБОНИЗАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Грибкова Е.О., Водолеев А.С., Баженова Н.Н.,
Бондарев М.Р., Паутов З.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: gribkovaelizaveta1@gmail.com*

В статье освещены вопросы развития угольной промышленности. Необходимостью переосмысления её развития и адаптации, является провозглашенный Парижским соглашением по климату тренд на повсеместное сокращение выбросов углекислого газа всеми странами – участниками соглашения, к которым относится и Россия. Будущее отечественной угольной промышленности видится в глубокой переработке угля с получением продукции с высокой добавленной стоимостью путем газификации. Это позволит решить ряд экологических проблем, а также снизит затраты на транспортировку конечного продукта.

Ключевые слова: угольная промышленность, декарбонизация, парниковый эффект, подземная газификация углей, синтетическое топливо, удобрения.

Длительные годы основой развития угольной промышленности был экспорт добываемой продукции, в том числе в западном направлении, который прекращен потребителями в результате санкций. Увеличение логистической нагрузки на восток, на который переориентировалось большинство высокомаржинальных экспортных грузов, ранее направляемых в западном направлении, значительно сокращает экспортные возможности угледобывающих компаний. Следующим фактором, требующим переосмысления развития и адаптации угольной отрасли промышленности, является провозглашенный Парижским соглашением по климату тренд на повсеместное сокращение выбросов углекислого газа всеми странами – участниками соглашения, к которым относится и Россия. Россия взяла на себя обязательства и с трудом разрешаемые проблемы декарбонизации, при всей спорности утверждения о значимости антропогенной составляющей «парникового эффекта» [1].

Все это, а также наложенные вне рыночные санкционные ограничения по инвестированию, технологическому обеспечению, импортированию и транспортировке российского угля требуют переориентации российской угольной промышленности на внутреннее потребление и экспорт товаров с высокой добавленной стоимостью на основе углехимии. Можно констатировать, что, несмотря на значительные организационно-экономические и производственно-технологические достижения, угольная промышленность страны в совокупности с основными отраслями – потребителями угля (энергетика, ЖКХ и металлургия) в ее существующем на сегодняшний день виде весьма уязвима в современных экономических условиях.

Ориентация отрасли только на экспорт (более 50 % производства) – это значительный риск, из-за волатильности цен. Стратегический путь устойчивого развития угольной промышленности – это обеспечение роста внутреннего спроса за счет диверсификации выпускаемой продукции.

Говоря о внутреннем спросе, необходимо отдельно рассматривать территории, которые в связи с низкой транспортной доступностью могут использовать в качестве ресурсной основы тепло- и энергоснабжения угли местных месторождений. Этот подход позволит значительно снизить затраты на доставку топлива или газификацию территорий при получении газовых фракций из местных углей. Использовать источники невозполнимых ресурсов исключительно для энергетических целей представляется крайне нерациональным еще со времен Дмитрия Ивановича Менделеева, который писал, что использовать нефть для сжигания – все равно, что топить печь асигнациями [2]. Это в полной мере можно отнести и к углю. Есть все основания утверждать, что будущее угольной промышленности – за глубокой переработкой угля с целью создания продукции с высокой добавленной стоимостью путем газификации, что позволяет решить ряд сопутствующих про-

блем, таких как нарушение окружающей среды от традиционных методов добычи, значительные затраты на транспортировку конечного продукта и др.

Все вышеизложенное требует в рамках обновляемой программы долгосрочного развития угольной промышленности дополнить комплекс соответствующих мер, направленных на изменение существующего механизма использования ресурсов отрасли с учетом требований декарбонизации угольной промышленности и обеспечения устойчивого развития обособленных регионов на основе глубокой переработки углей, в том числе подземной газификации углей как на вновь осваиваемых месторождениях, так и при доработке низкорентабельных запасов.

Опыт и направления глубокой переработки углей в Кузбассе

Получение из угля химических продуктов — это перспективное направление в энергетике и химической промышленности будущего. Реализация данного направления позволит угольным компаниям наращивать объёмы добычи угля даже при снижении спроса на мировых рынках на уголь и отправлять его на переработку.

Кроме того, продукты глубокой переработки угля в десятки и сотни раз превышают цену обычного топлива, следовательно, предприятия смогут получить экономическую выгоду от развития углехимии.

Теоретически из угля можно получить более сотни видов химических продуктов. Целесообразно начать развитие производств, позволяющих получать из угля товары высокого передела именно в Кузбассе. Целью развития углехимии Кузбасса является усиление конкурентоспособности региональной экономики за счет привлечения инноваций и мирового опыта в сфере комплексной переработки угля и отходов, получаемых при его добыче, обогащении и сжигании [3].

На рисунке 1 представлен весь номенклатурный спектр продукции, который можно получить путем газификации угля.

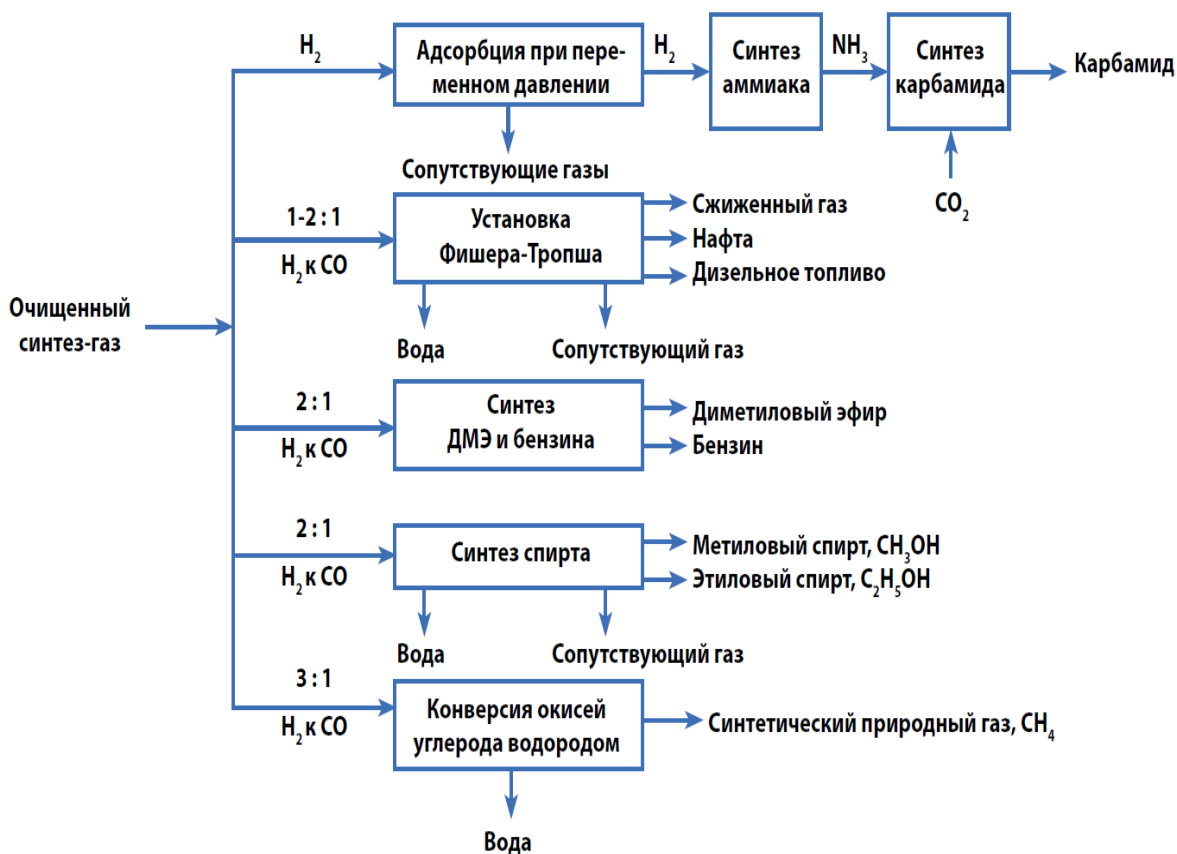


Рисунок 1 – Номенклатурный спектр продукции по процессам и этапам газификации угля

В настоящее время в Кузбассе реализуется Стратегия развития кластера «Комплексная переработка угля и техногенных отходов» на 2021 — 2030 годы, реализуемая ГАУ КО «Мой бизнес». Производственная цепочка предприятий кластера имеет три базовых направления:

1. Добыча и переработка газа (метана) из угольных пластов: метан, сжиженный природный газ (СПГ), компримированный природный газ (КПГ);

2. Переработка угля и отходов его обогащения: обогащенный уголь, кокс, пылеугольное топливо, водоугольное топливо, гуминовая кислота, углеродные сорбенты;

3. Переработка золошлаковых и иных техногенных отходов: полиэтиленовые и полипропиленовые гранулы, резиновые изделия, стройматериалы, прочие продукты переработки техногенных отходов.

Инновационный блок кластера представлен следующими предприятиями: ООО «Газпром добыча Кузнецк»; АО «СУЭК-Кузбасс»; ООО «Центр угольных технологий и новых углеродных материалов», ООО «НПЦ «Сиб-экотехника»; ООО «ЭКОГЕН+»; ООО «Сибирь-энерго»; ООО «Сорбенты Кузбасса» и др.

В производственный блок кластера входят предприятия: ПАО «Кокс», АО «Евраз ЗСМК», ООО «Итатуголь», ООО «Современные топливные ресурсы», Подразделение «Специальные материалы» ООО «СГК» и другие.

В научно-образовательный блок входят: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», КЕМНЦ СО РАН, ИУХМ ФИЦ УУХ СО РАН, Кемеровский филиал ФИЦ ИВТ, Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН, АО «Кузбасский технопарк», АО НЦ ВостНИИ», ООО «Сибниинуглеобогащение», ОАО «Кузбассгипрошахт» и другие.

Комплексные задачи глубокой переработки угля и промышленных отходов, на решение которых направлена комплексная программа, включают:

- разработку технологий производства товарных сжиженных газов из высокочазольных и низкокалорийных углей марки «Д», отходов углеобогащения попутной выработкой электрической и тепловой энергии вблизи горного предприятия;

- разработку и создание технологий производства сорбентов из энергетических углей марки «Д», «ДГ», «Г»;

- разработку научных основ и создание технологии получения нового вида сырья для производства углеродных волокон и композиционных материалов на их основе методами «мягкого» воздействия на органическое вещество углей в присутствии растворителей;

- разработку научных основ и создание технологии получения концентратов оксидов редкоземельных металлов и рассеянных элементов из углеотходов и зол предприятий ТЭК Кузбасса;

- разработку и оптимизацию способов целенаправленного выделения гуминовых и битумных веществ бурых и/или окисленных каменных углей низкой стадии углефикации Кузбасса с целью получения экологичных удобрений - стимуляторов роста растений, противопыльных препаратов и связующих для брикетирования;

- разработку и создание теплофикационных установок для сжигания низкосортных углей и отходов Кузбасса (ТУ);

- разработку теплогенераторов (ТГ) для экологически чистого сжигания шахтного метана и создания систем автономного теплоснабжения.

Безусловно, технология газификации угля, как и любая другая, имеет свои проблемные места. Среди них можно выделить основные:

- весь спектр проблем, характерных для добычи угля подземным или открытым способом;

- высокие капитальные затраты на оборудование по газификации и, следовательно, высокая цена конечной продукции, в состав которой весьма значительной статьей входит стоимость добытого угля;

- зависимость конкурентоспособности выпускаемой продукции газификации углей от цен на нефть и газ;

- эмиссия парниковых газов (в CO₂-эквиваленте), при всей спорности утверждения о значимости антропогенной составляющей влияния на так называемый «парниковый эффект», ограничивающая развитие всей угольной отрасли в связи с курсом на декарбонизацию;

- значительный расход воды, например, для производства карбамида – 8 м³ на 1 т готового продукта.

Если с уровнем капитальных затрат можно бороться путем совершенствования технологии и оптимизации мощности предприятия в зависимости от спроса и местных факторов, то с решением остальных задач перспективы представляются несколько туманными.

Опыт и перспективы реализации технологий подземной газификации угля. В связи с выявленными проблемами газификации угля нельзя не вспомнить, что в Советском Союзе, а позднее и в Российской Федерации, была разработана и успешно применялась технология подземной газификации угля (ПГУ). Подземная газификация угольных пластов с целью выработки электроэнергии непосредственно на месторождении успешно реализовывалась в СССР с 1933 г.

В настоящее время значительное развитие получила научная школа подземной газификации углей, сформировавшаяся в Дальневосточном федеральном университете, ученые которой в том числе обращают внимание на необходимость разработки и применения критериев оценки горнотехнических условий угольных месторождений относительно степени их пригодности для подземной газификации угля [4, 5].

Россия обладает передовыми позициями в мире в области подземной газификации угля. В свое время на территории бывшего СССР работало несколько промышленных предприятий данного профиля. Некоторые из этих предприятий успешно функционировали на протяжении нескольких десятилетий. Так, в Кузбассе в течение 40 лет с 1955 г. эксплуатировалась Южно-Абинская станция «Подземгаз», бесперебойно снабжавшая горючим газом 14 малых котельных гг. Киселевска и Прокопьевска и закрытая в 1996 г. по причине физического износа оборудования.

Трудно переоценить вклад доктора технических наук С.Н. Лазаренко в развитие и популяризацию идей ПГУ применительно к условиям Кузбасса. Произведенные им технико-экономические расчеты и предложения по совершенствованию технологии не могут не послужить основой для внедрения ПГУ и глубокой переработки угля на угольных месторождениях как Российской Федерации, так и зарубежных.

Использование этих технологических решений позволяет найти решения проблемам, присущих традиционной газификации угля:

– затраты на добычу или закупку угля как сырья выпадают из структуры себестоимости, что ведет к снижению

конечной цены продукции углепереработки и рисков, сопутствующих процессу добычи угля;

– снижение выбросов парниковых газов за счет отсутствия процесса добычи угля и разрабатываемых решений по захоронению углекислого газа в полостях, остающихся после выгорания угля или его использования в процессах повышения качества исходящего синтез-газа;

– снижение забора воды из внешних источников посредством использования шахтных вод осушения подземного газогенератора угольного месторождения [3].

Так, значительное количество регионов России не имеет местных нефтегазовых месторождений, газификация и доставка топлива в связи с осложненной сезонной логистикой очень дорогостоящи. При этом само горное производство сопровождается потреблением значительных объемов дизельного топлива, доставка которого в отдаленные районы значительно удорожает его и негативно влияет на экологическую ситуацию. Зато во многих регионах есть угольные месторождения и малорентабельные угледобывающие предприятия. Создание на этой основе рентабельных производств с механизмом частно-государственной поддержки для получения продукции углелепереработки с высокой добавленной стоимостью, в том числе синтетического топлива, может решить проблемы экономического, социального и экологического характера.

К настоящему времени в России разрабатываются новые, значительно более совершенные технологии газификации угольных пластов, которые позволят развивать данную технологию на новом, гораздо более высоком техническом уровне, и получать при этом горючий газ со значительно большей теплотворной способностью. Сегодня практически во всех крупных угледобывающих странах мира резко возрос интерес к подземной газификации угля.

Интенсивные работы исследовательского и практического характера проводятся в Китае, где в последние годы построено 10 промышленных станций подземной газификации угля, в Австралии, где в 2003 г. построено крупное предприятие данного профиля. Проявляется активный интерес к этой технологии в таких странах, как Индия, КНДР, Южная Корея, и многих других.

Нужно отметить, что в США и Западной Европе в 1980-е гг. проводились масштабные опытно-промышленные исследования по выявлению эффективности советской технологии подземной газификации угля. Результатом этих исследований явилось заключение о том, что данная технология является работоспособной и весьма эффективной и будет неминуемо востребована в период сокращения мировых запасов природного газа и нефти.

Среди промышленно развитых стран, в которых явно прослеживается интерес к развитию технологий и созданию новых образцов оборудования газификации, можно выделить Швецию, Финляндию, Германию, Данию, Нидерланды, США, Канаду и Японию. Среди развивающихся стран несомненными лидерами в данном вопросе являются Бразилия, Индия, Филип-

пины, ЮАР, Куба, Мали, Кения, Бурунди и Мадагаскар. Там развитие технологий газификации закреплено государственными программами [6].

Заключение. В настоящее время при Минэнерго России на постоянной основе начинает функционировать рабочая группа по вопросам развития глубокой переработки угля в Российской Федерации [7].

Если учесть, что по самым пессимистическим оценкам, для отработки методом ПГУ пригодны 28% существующих месторождений угля, то усилия в данном направлении представляются весьма перспективными. Проектирование и создание опытно-промышленных предприятий по газификации угля, в том числе подземной, на базе закрытых, оставленных и малоперспективных для подземной разработки предприятий с дальнейшей переработкой получаемого синтез-газа в синтетическое жидкое топливо, метанол, диметил-эфир, ценные удобрения (карбамид) и другие химические материалы для условий изолированных регионов представляются весьма своевременными.

Библиографический список

1. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Парижское соглашение как фактор ускорения «энергетического перехода»: меры по адаптации угольной отрасли к новым вызовам // Уголь. 2021. № 10. С. 19-23. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.

2. Менделеев Д.И. Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца // Северный Вестник. 1888. №№ 8-12.

3. Краснянский Г.Л., Кияница С.В. Создание в Кемеровской области энерготехнологического комплекса на базе разреза «Караканский-Западный» // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. Т. 24. № 3. С. 293-301.

4. Подземная газификация угля как перспективная геотехнология развития угольной промышленности / А.А. Фаткулин, А.В. Белов, И.В. Гребенюк и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № S4-2. С. 3-8.

5. Белов А.В., Селиванова Т.В. Анализ условий отработки угольных месторождений приморского края способом подземной газификации для формирования сырьевой базы водородной энергетики. Владивосток, 2021.

6. Жуков, Е. М. Перспективы применения подземной газификации в старопромышленных районах Кузбасса / Е. М. Жуков, Ю. И. Кропотов, И. А. Лугинин, Ю. И. Чижик. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2016. - № 2 (106). - С. 146-148.

7. Мингео Сибирь – 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://mingeofforum.ru/meropriyatija/predstoyashchie-meropriyatija/mezhdunarodnyj-gornogeologicheskij-forum-mingeo-sibir-2022> (дата обращения: 10.04.2023).

УДК 622.630.22

ПРОВЕДЕНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Бондарев М.Р., Ванюгин И.В.

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

Интенсивная хозяйственная деятельность человека приводит к уничтожению растительности, изменению гидрологического режима и рельефа местности, разрушению и загрязнению почвенного покрова. В статье описывается актуальность сохранения почвы, ее плодородия при проведении лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель при добыче угля открытым способом в Кузбассе.

Ключевые слова: рекультивация, почва, мелиорант, нарушенные земли, экологический ущерб.

Кузнецкий угольный бассейн или Кузбасс является одним из крупнейших месторождений угля в России. Площадь его территории составляет 26,7 тысяч км². Угленосная толща Кузнецкого угольного разреза содержит около 350 угольных пластов различной мощности. Из всей угледобычи в Кузбассе на долю месторождений, которые осваивают открытым способом, приходится около 66 %. В результате горных работ происходит нарушение геоморфологического строения поверхности земли, уничтожение почвенного и растительного покрова, загрязнение водной среды и атмосферы, снижение биологического разнообразия. Со временем происходят кардинальные изменения биологических и почвенно-геохимических процессов, вызванных выносом на поверхность глубинных горных пород прошлых геологических эпох, не свойственных естественным ландшафтам. По экспертным оценкам, площадь нарушенных земель в Кузбассе составляет 120–150 тыс. га [1].

Любой объект при строительстве и эксплуатации взаимодействует с территорией и геологической средой. При разработке оценки воздействия должны быть определены характер землепользования территории, площади отчуждаемых для строительства земель, изменения рельефа территории, характер проявления и развития опасных геологических процессов.

Разработка угольных месторождений открытым способом всегда затрагивает почвенный покров, геологическую среду и все живое в почве и на почве. Их воздействие выражается в отчуждении земель для размещения объектов, в изменении рельефа при выполнении строительных и планировочных работ, увеличении нагрузки на грунты от веса различных сооружений, изменении гидрологических характеристик и условий поверхностного стока, возможного проявления процессов засоления, переувлажнения, иссушения, уплотнения, увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду и в частности на почву как ее элемент.

Почвенный покров территории формируется в зависимости от основных факторов почвообразования: климата, растительности и животного мира, рельефа, почвообразующих пород и антропогенного фактора. Строительство и эксплуатация любых объектов может привести к нарушению почвенного покрова, а в некоторых случаях и к полному его уничтожению. При антропогенном воздействии на почвенный покров первыми нарушаются внутрипочвенные функции, которые отвечают в почве за водо- и газообмен, концентрацию химических элементов в почвенном растворе и др. Динамические почвенно-экологические функций определяют условия формирования почвы, которые обуславливают плодородие почвы, ее санитарно-гигиеническое состояние и частично влияют на стабильность почвенно-экологических функций. Поскольку все функции почвы взаимосвязаны, то низкая почвенно-экологическая эффективность их восстановления, может отразиться на среде обитания растений, животных и человека.

Одним из способов снижения экологического ущерба при этом является рекультивация земель. Рекультивация земель – это комплекс мероприятий по предотвращению деградации земель, восстановлению их плодородия посредством приведения в состояние, пригодное для использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвы, создания защитных лесных насаждений [2].

В соответствии с ГОСТ 17.5.3.04-83 [3], рекультивация земель является составной частью технологических процессов, связанных с нарушением земель. Согласно Земельному кодексу Российской Федерации [4], целью охраны земель является обеспечение улучшения и восстановления подвергшихся вредным последствиям земель. Согласно требованиям Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [5], и ГОСТ 17.5.3.04-83 [3], предприятие обязано восстановить нарушенные земли. Для этого разрабатывается проект рекультивации в соответствии Правилами проведения рекультивации и консервации земель, утвержденными постановлением Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 [6].

Территория на юго-востоке Западной Сибири является провинцией с высоким природным валовым содержанием мышьяка в почвах, часто превышающим ОДК. Наибольшие природные концентрации элемента (до 30 мг/кг и выше) встречаются в юго-восточной окраине Западно-Сибирской равнины (Кемеровская и Новосибирская области) [7].

Высокое содержание мышьяка и никеля связано с геологическими особенностями рассматриваемой территории, о чем свидетельствует увеличение содержания никеля и мышьяка с глубиной.

Высокое валовое количество мышьяка в почвах Кемеровской области не находит негативного отражения в местной флоре и фауне, в жизни человека. Элемент представлен в основном (до 99 %) нерастворимой и малорастворимой формами. Поэтому в растениях он не накапливается, в грунтовых водах его концентрация также находится в гигиенически допустимых пределах [8].

В соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 [9], рекомендации по оздоровлению почв при рассматриваемом уровне загрязненности заключаются в связывании токсикантов в почве и снижении их доступности для растений. Основным приемом химической иннактивации тяжелых металлов является применение мелиорантов, в качестве которых наиболее часто используется известь.

Дополнительно к известкованию для предупреждения загрязнения земель используется проведение следующих мероприятий:

- внесение минеральных удобрений, которые изменяя агрохимические свойства почвы, также будут способны влиять на подвижность токсикантов и их поступление в растения;

- улучшение лесорастительных условий с помощью посева злакобобовых травосмесей, создающих густой надземный покров и разветвленную корневую систему. Многолетние травы улучшат структуру почвогрунта, будут накапливать органическое вещество, чем создадут на загрязненных землях более благоприятные условия для дальнейшего развития и возобновления травяного покрова. В результате будут предотвращены эрозионные процессы, проникновение загрязняющих веществ в поверхностные и грунтовые воды и их распространение в незагрязненные районы.

Таким образом, в результате проведения предлагаемых мероприятий происходит снижение доступных растениям тяжелых металлов в рекультивационном слое и его обогащение органическим веществом, что способствует снижению неблагоприятного действия загрязнений и восстановлению здорового биоценоза ландшафта. Проведение рекультивации осуществляется в два последовательных этапа. Технический этап включает в себя следующие основные виды работ:

- выполаживание;
- грубая планировка поверхности;
- чистовая планировка поверхности;
- погрузка четвертичных отложений со склада;
- транспортирование четвертичных отложений;
- нанесение четвертичных отложений.

После проведения технического этапа рекультивации через год-полтора проводится биологический этап рекультивации.

Целью биологической рекультивации является создание на рекультивируемых землях растительного покрова, ограничивающего зарастание нарушенных земель вредной растительностью и возвращение земель в безопасное для окружающей природной среды состояние.

На биологическом этапе рекультивации проводятся следующие виды работ: боронование, культивирование, посев трав и внесение удобрений, посадка саженцев и уход за ними.

Требования, предъявляемые к горнотехническому и биологическому этапам:

- планировку участков, не допускающую развитие эрозионных процессов и обеспечивающую безопасное применение почвообрабатывающего оборудования, машин по уходу за посадками;
- нанесение потенциально-плодородного слоя почвы на малопригодные породы при подготовке земель для биологической рекультивации;
- подбор трав, древесных и кустарниковых растений в соответствии с классификацией горных пород, характером гидрологического режима и других экологических факторов.

Требования к рекультивации земель должны включать:

- выполнение мероприятий, исключающих инфильтрации воды в нижележащие и боковые породы сверхдопустимых норм;
- изоляция выходов угольных пластов и непригодных (токсичных) пород.

При разработке угольных разрезов многие разработчики проектов могут выделять еще один, подготовительный этап, включающий в себя селективное снятие почвенно-растительного или плодородного слоя почвы при проведении горноподготовительных работ, складирование его, очистка территории от отходов, выполнения ряда других мероприятий.

Согласно ГОСТ 17.4.3.02-85[10] плодородный слой почвы мощностью менее 10 см на участках, занятых лесом, не представляется возможным из-за разубоживания почвенной массы и засорения плодородного слоя почвы нижележащими слоями грунта в процессе корчевания пней после вырубki лесных массивов.

Пригодность почвы можно классифицировать на:

- пригодные (плодородные и потенциально плодородные породы). К ним можно отнести черноземы обыкновенные, средне- и малогумусные, их слабоэродированные разновидности, черноземы намывных долин балок, средне- и сильно- эродированные разновидности черноземов, лессовидные, незасоленные суглинки, естественное плодородие которых низкое из-за недостатка питательных веществ, особенно азота и фосфора.

- малопригодные. В эту группу входят малопригодные для рекультивации красно-бурые и бурые незасоленные и слабозасоленные лессовидные суглинки и четвертичные глины, мелкозернистые кварцевые пески и супеси.

- непригодные. К ним относятся сильно солонцеватые замоленные почвы (солонцы, солончаки), средне- и сильнозасоленные горизонты лессовидных суглинков, пестроцветные огнеупорные глины.

Пригодность плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород для биологической рекультивации регламентируется ГОСТ 17.5.3.05-84 «Рекультивация земель. Общие требования к землеванию» [10], ГОСТ 17.5.3.06-85 «Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ» [11], ГОСТ 17.5.1.03-86 «Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации

земель»[12] и другими нормативными актами. При разработке проектной документации, по результатам агрохимических исследований почвенных образцов определяется возможность применения почв и для какого направления рекультивации. Далее проводится складирование почвогрунта на складах. Так, как хранение рекультивационного слоя осуществляется более двух лет, то для предотвращения эрозийных процессов предусматривается засевание поверхности и откосов складов многолетними травами.

Основными направлениями рекультивации, применяемыми на угольных разрезах, являются – сельскохозяйственное, лесохозяйственное и санитарно-гигиеническое. Выбранное направление рекультивации должно с наибольшим эффектом и наименьшими затратами обеспечивать решение задач рационального и комплексного использования земельных ресурсов района, создания гармоничных ландшафтов, отвечающих экологическим, хозяйственным, эстетическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

При техническом этапе лесохозяйственной рекультивации производится приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для ведения лесного хозяйства:

- планировка участков, не допускающая развитие эрозийных процессов;
- при создании лесных культур на рекультивируемой территории, формируемый рельеф должен обеспечивать безопасное применение почвообрабатывающих, лесопосадочных машин и машин по уходу за посадками;
- создание рекультивационного слоя на поверхности откосов и берм отвалов из мелкоземистого нетоксичного материала, благоприятного для выращивания леса;
- формирование мощности и структуры рекультивационного слоя в зависимости от свойств горных пород, характера водного режима.

При проведении планировочных работ принята уборка крупнообломочных материалов, лежащих на поверхности, что позволяет повысить продуктивность рекультивируемых земель, так как наличие таких материалов приводит к непроизводительным затратам на эксплуатацию машин и орудий, ухудшает плодородие земель.

Для борьбы с эрозией почв предусматривается:

- планировка горизонтальных поверхностей под уклоном 1-3° в одну сторону или от середины к краям; не допускается оставления на поверхности бессточных понижений;
- выполаживание откосов участков рекультивации до 20°;
- посев трав на горизонтальных и наклонных поверхностях;
- формирование водозадерживающей канавы вдоль нижней бровки откосов.

С учетом определения основных мероприятий по биологической рекультивации [3], согласно Руководству по проведению лесовосстановительных работ в лесах Восточной Сибири (1997), биологический этап рекульти-

вазии проводится в лучших растительных условиях, в сочетании с залужением и созданием лесных культур [13]. В этих случаях подготовка участка начинается за 3-4 года до посева травосмесей. После планировки поверхности (технического этапа рекультивации) по всей площади вносят органические удобрения (торф – 60-90 т/га), а также калийные и фосфорные удобрения (90-150 кг/га). Новую экологически безопасную разработку запатентовал Тюменский государственный университет. Полученный учеными из навоза и соломы биоуголь используется в качестве добавок. Для получения нужного продукта органические отходы подвергаются термической переработке. В ход идут не только навоз и солома, но и скорлупа кедровых орехов. Получаемый высокопористый материал, содержащий большое число микроэлементов, улучшает структуру почвы и питает ее. Ученые указывают, что применение новой технологии будет также способствовать сокращению выброса парниковых газов.

Осенью проводят вспашку на глубину 25-27 см, а весной следующего года вносят азотные удобрения – 90 кг/га. После этого проводят вспашку на глубину 20-22 см, культивацию и высевают многолетние травы.

Ассортимент многолетних трав должен подбираться с учетом природно-климатических условий района расположения объектов рекультивации, а также в соответствии с «Методическими указаниями по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности».

Запрещается использовать для посева семена, в которых обнаружены:

- сорняки (семена, плоды), вредители и возбудители болезней, имеющие карантинное значение для Российской Федерации, согласно перечню, утвержденному в установленном порядке;
- живые вредители и их личинки, повреждающие семена соответствующей культуры, за исключением клещей, наличие которых допускается не более 20 шт./кг;
- семена ядовитых растений – гелиотропа волосистоплодного и триходесмы седой.

В течение 2-3 лет травы используют как сенокосы. По принятым схемам на залуженных участках закладывают лесные культуры. Не все древесные и кустарниковые породы являются почвоулучшающими. Различают почвоулучшающие и почвоухудшающие древесные породы. Породы, лесной опад которых образует слабокислый или нейтральный гумус, называют почвоулучшающими, а деревья, опад которых превращается в грубый гумус – почвоухудшающими. Основой влияния растительности на почвообразовательные процессы является формируемая лесная подстилка, состоящая из продуктов опада. Лесная подстилка состоит из нескольких слоев. Верхний слой – свежеспавшие листья, хвоя, ветви, кора, семена и др., ниже – слой из полуперегнившего опада, ещё ниже слой, включающий перегнивший опад, или гумус. В его составе углеводы, лигнин, протеин, масла, воск и др. В гумусе имеются гуминовые и ульминовые кислоты. Под влиянием этих кислот происходит опреде-

ленное окрашивание формируемых почв. Образование и величина подстилки зависит от породного состава, полноты и типа леса. Большую массу подстилки дают лиственные леса, особенно сложные по форме.

Различают следующие типы лесной подстилки [14]:

1. Мягкий гумус (мульч) – мягкая, рыхлая, быстроразлагающаяся подстилка из опада лиственных пород деревьев и кустарников, имеет нейтральную или слабокислую реакцию и содержит большое количество питательных веществ, богата азотом и зольными веществами. Кислотность (рН) – 6,0-7,5. Почвы с таким типом подстилки содержат до 10% гумуса в верхнем горизонте и имеют водопрочную мелкокомковатую структуру. Это самые лучшие почвы для произрастания насаждений.

2. Модер – перегной промежуточного типа. Образуется в результате опада лиственных или смешанных хвойно-лиственных насаждений. Состоит из трёх слоёв разной степени разложения. Реакция слабокислая (рН 5,5-4,0), обмен веществ между почвой и древостоем замедлен.

3. Грубый гумус (мор) – образуется в хвойных насаждениях, на бедных почвах. Недостаток кислорода замедляет процессы образования и минерализации гумуса. Состоит из трех медленно разлагающихся слоев. В результате образуется грубый или кислый гумус. Его реакция кислая (рН 3,0-4,5).

К почвоулучшающим породам относятся лиственные породы деревьев (за исключением дуба, бука, осины в спелом возрасте) и кустарников, из хвойных - лиственница. К почвоухудшающим древесным породам относятся хвойные (за исключением лиственницы), осина в спелом возрасте, дуб, бук и др. В настоящее время нет единой нормативной базы, которая четко определяет, к какому типу влияния на почву (почвоулучшающая или почвоухудшающая) относится та или иная древесно-кустарниковая порода. Из представленных данных видно, что большая часть основных хозяйственно-ценных лесообразующих древесных пород являются не почвоулучшающими, а почвоухудшающими породами.

Так как в качестве главных древесных пород для посадок на рекультивируемых территориях используются холодоустойчивые и неприхотливые к почвенно-грунтовым условиям сосна и ель для того, чтобы уменьшить кислотность почв при лесохозяйственном направлении рекультивации проводят засев саженцев хвойных деревьев с участием лиственных пород и введение почвоулучшающего подлеска и трав (люпин, желтая акация, дрок красильный, рабитник). Так же для снижения кислотности почвы возможно проведение известкования почвы. Известь имеет низкую себестоимость, но при этом она довольно агрессивна, может вызывать ожоги корней растений. После ее использования необходимо восстанавливать органику и биогумусные составляющие почвы. Использование известки блокирует не некоторое время процессы потребления растениями фосфора. Гораздо эффективнее применение доломитовой муки. Она добывается из природного минерала, содержит важные для фотосинтеза кальций и магний. При внесении ее в почву происходит как снижение кислотности, так и обогащение полезными элементами.

Таким образом, для улучшения структуры и качественного состава грунтосмесей рекультивационного слоя необходим целый комплекс мероприятий по их мелиорации, проводя реабилитацию земель и занимая участки культурами, устойчивыми к загрязняющим веществам, и культурами-мелиорантами, можно постепенно снизить содержание загрязняющих веществ в почве за счет естественных процессов самоочищения в результате выноса элементов растениями и вымывания их за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Библиографический список

1. Уфимцев В.И. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе / В.И. Уфимцев, Ю.А. Манаков, А.Н. Куприянов – Кемерово: Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Федерал. иссл. центр угля и углехимии СО РАН ; [под общ. ред. Ю.А. Манакова], КРЭОО «Ирбис», 2017. – 44 с.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023). статья 13. [Электронный ресурс] - URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/. (дата обращения 10.04.2023).
3. ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.(утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.03.83 N 1521). [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003393/>. (дата обращения 10.04.2023).
4. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 03.04.2023) [Электронный ресурс] - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/. (дата обращения 10.04.2023).
5. Постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель».
6. Постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель».
7. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / Ильин В.Б. - Новосибирск, Наука, 1991.
8. Гамаюрова В.С. Мышьяк в экологии и биологии / Гамаюрова В.С. - М : Наука, 1993.
9. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 17.04.2003: введен 15.06.2003. [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/901859456>. (дата обращения 10.04.2023).
10. ГОСТ 17.4.3.02-85. "Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ" (введен в действие постановлением Госстандарта СССР от 05.05.1985 N 1294) [Электронный ресурс] - URL: <https://base.garant.ru/5369777/>. (дата обращения 10.04.2023).

11. ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ». (введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17.07.85 N 2256) [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004381/>. (дата обращения 10.04.2023).

12. ГОСТ 17.5.1.03-86 «Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель». (утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10.11.86 N 3400). [Электронный ресурс] - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005963/>. (дата обращения 10.04.2023).

13. Руководство по проведению лесовосстановительных работ в лесах Восточной Сибири. – М.: Федер. Служба ЛХ РФ, 1997. – 96 с

14. Космаков В.И., Бадмаева С.Э., Бакач А.А. Этапы лесохозяйственной рекультивации земель, нарушенных при открытой добыче полезных ископаемых//International agricultural journal. 2021. № 6, с. 765-784.

УДК620.9

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.

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

В статье рассмотрена актуальность проблемы ограниченности энерго-ресурсов, понятие водородной энергетики как альтернативного энергоисточника, преимущества и недостатки ее использования, а также возможность широкого применения в мировой практике.

Ключевые слова: водород, водородная энергетика, преимущества и недостатки.

С момента проведения в 1992 году в г. Рио-де-Жанейро Конференции ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) внедрение концепции устойчивого развития стало приоритетом для мирового сообщества. Одним из инструментов ее внедрения является использование новой экономической модели, предполагающей сохранения окружающей среды, сокращение выбросов парниковых газов и эффективное использование ресурсов. Такая модель получила название «зеленая экономика». Ее стратегия позволит приблизиться к решению одной из задач Концепции, а именно, – предотвращение климатических изменений на нашей планете.

Теория «зеленой» экономики базируется на трех аксиомах:

Невозможность бесконечного расширения сферы влияния в ограниченном пространстве;

Невозможность удовлетворения бесконечно растущих потребностей в условиях ограниченности ресурсов;

На Земле все является взаимосвязанным [1].

Остановимся на пункте 2. Именно упомянутые условия ограниченности ресурсов и их актуальность привели к появлению одного из основных направлений в системе «зеленой экономики» – внедрению возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Они относятся к альтернативной энергетике, поскольку распространены не так широко, как традиционные, однако, их преимущество заключается не только в низком уровне негативного воздействия на окружающую среду, но и экономической выгоды, что тоже немало важно, если говорить о глобальном характере применения данного направления. К тому же, в условиях ожидаемого топливного кризиса традиционных источников, новое направление станет весьма востребованным.

Одним из направлений альтернативной энергетике помимо нетрадиционных источников энергии (ветро-, гидро-, гелиоэнергии, биотоплива, геотермальной энергии и др.) является водородная энергетика [2].

Когда водород производят посредством возобновляемых источников энергии, его называют «зеленым» (в связи с большей степенью экологичности данного производства по сравнению с другими). Однако, как можно увидеть из общемировой структуры производства водорода, представленной на рисунке 1, он составляет лишь 4 %. Второе место в этом производственном рейтинге занимает переработка угля (18 %). И наибольший производственный объем приходится на переработку природного газа и нефти – 78 %.

Водородная энергетика представляет собой новую перспективную отрасль энергетике, основанную на использовании водорода в качестве средства для зарядки, транспортировки, производства и потребления энергии. Водород выбран как наиболее распространенный элемент в космосе, теплота сгорания водорода максимальная, а продуктом сгорания в кислороде является вода (которая также вводится в оборот водородной энергетике). А также водород может использоваться как более безопасная экологически альтернатива во всех 3-х областях основных мировых источников выбросов – транспорт, производство энергии и промышленность [3]. Рассмотрим основные преимущества этого вида энергетике.

Производство водорода

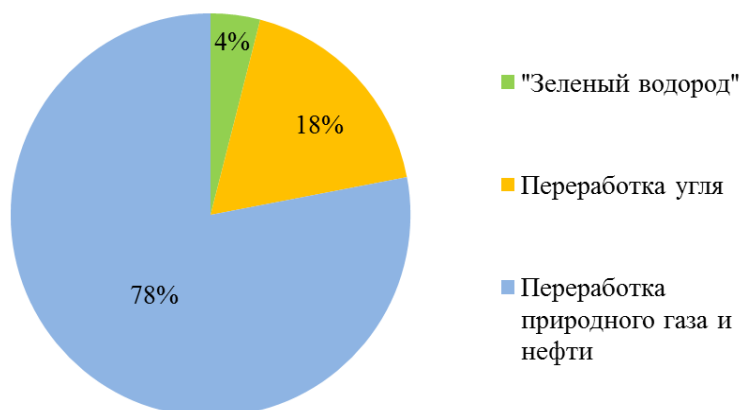


Рисунок 1 – Всемирная структура производства водорода

Высокая применимость.

Электрификация транспорта поможет снизить выбросы в атмосферу, но авиацию, морские и грузовые перевозки на дальние расстояния трудно перевести на использование электроэнергии, потому что для этих секторов требуется топливо с высокой плотностью энергии. Зеленый водород может удовлетворить эти потребности.

Запасы водорода практически безграничны.

Так как он встречается почти всюду, его можно использовать там, где он производится. В отличие от батарей, которые не могут хранить большое количество электроэнергии в течение продолжительного времени, водород можно производить из избыточной возобновляемой энергии и хранить в больших количествах.

Энергоэффективность.

Водород содержит почти в три раза больше энергии, чем ископаемое топливо, поэтому для выполнения какой-либо работы его требуется гораздо меньше. Например, по сравнению с электростанцией, работающей на сжигании топлива с КПД от 33 до 35 %, водородные топливные элементы выполнят ту же функцию с КПД до 65 %. Для примера, у солнечных элементов КПД – 20 %, а у ветряных – 40 %.

Весной 2020 года в городе Фукусима была запущена самая крупная в мире электростанция, работающая на водороде. Для питания электролизных установок на ней размещены солнечные батареи общей мощностью 20 МВт. Всего станция вырабатывает 1,2 тысячи кубических метров водорода в час.

В автомобилях топливные элементы используют 40-60 % энергии топлива, а также обеспечивают сокращение его расхода на 50 %.

Отличная среда для хранения энергии.

Например, у Германии существует проблема с энергосистемой. В ясные и ветреные дни солнечные экраны и ветряные турбины на севере производят больше электроэнергии, чем может потребить эта часть страны. Из-за этого Германия вынуждена продавать излишки электроэнергии соседним странам себе в убыток. Избыток электроэнергии из ВИЭ можно хранить в виде водорода, а затем сжигать для выработки электроэнергии, когда это необходимо.

Получается, что данный вид энергетики имеет столько достоинств, что весь мир давно должен был перейти на него. Однако, стоит рассмотреть и недостатки водородной энергетики.

Стоимость зеленого водорода.

Наиболее сильные препятствия в развитии водородной энергетики ставит стоимость добычи самого чистого вида водорода. По словам и прогнозам Минэнерго РФ, перспективы водородной энергетики связаны с удешевлением стоимости водорода, производимого электролизом воды. В качестве основных факторов обеспечения конкурентоспособности зеленого водорода

рассматривается перспективное снижение капитальных затрат на электролизеры, а также стоимости электроэнергии из ВИЭ.

Горючесть.

По сравнению с бензином, природным газом и пропаном водород огнеопаснее в воздухе, малейшие трещины в баке могут привести к трагедии. Но некоторые критики заблуждаются, когда говорят, что с развитием водородной энергетики «мир сядет на огромную пороховую бочку». Поскольку водород очень легкий – примерно в 57 раз легче, чем пары бензина, – он может быстро рассеиваться в атмосфере, и это положительный для безопасности фактор.

Хранение и транспортировка.

Так как водород – самый легкий среди химических элементов, в заданном объеме его помещается значительно меньше, чем других видов топлива. Например, потребуется гораздо больший баллон с газообразным водородом, чтобы проехать заданное расстояние на автомобиле. Существующие бензобаки при этом слишком малы, чтобы вмещать количество водорода, которое необходимо для расстояния, которое покрывает полный бензобак. Для решения этой проблемы сейчас модернизируют способы перевода водорода в жидкое или газообразное состояние. Его необходимо либо охладить до $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы сжижать, либо сжать до давления, в 700 раз превышающего атмосферное, чтобы его можно было доставить в виде сжатого газа.

В настоящее время водород транспортируется по специальным трубопроводам, в автоцистернах для низкотемпературных жидкостей, в трубчатых прицепах, перевозящих газообразный водород, по железной дороге или на баржах [4].

Несмотря на все преимущества, на сегодняшний день для производства водорода требуется больше энергии, чем возможно получить при его использовании, поэтому полноценным источником энергии он пока не является, но является средством хранения и доставки энергии. Однако, это направление является весьма перспективным, и его развитие ежедневно движется вперед. Также в большинстве случаев альтернативные источники энергии более локализованы и обеспечивают более высокий уровень энергетической безопасности и эффективности в связке с традиционными энергоресурсами, что тоже было бы отличной возможностью для применения водородной энергетики.

Библиографический список:

1. Кучеров А. В., Шибилева О.В. Концепция «зеленой» экономики: основные положения и перспективы развития // Молодой ученый. - 2014. - № 4. - С. 561-563.
2. Нетрадиционная энергетика / С. В. Алексеенко // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю. С. Осипов. - Москва: Большая российская энциклопедия, 2004-2017.

3. Козлов С.И. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы. – Москва: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.

4. Перспективы и недостатки водородной энергетики [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://inlnk.ru/4yMZ2A> (дата обращения: 10.04.2023).

УДК 628. 54

МОНТАЖ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МОКРЫХ ГРАДИРЕН ОТКРЫТОГО ТИПА ЕВРАЗ ЗСМК ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Челищев А.А., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, e-mail: xeramh@ya.ru*

Рассматривается монтаж оросительных мокрых градирен открытого типа ЕВРАЗ ЗСМК для промышленного охлаждения для перехода на оросительных градирен закрытого типа. В результате реализации этого монтажу исключается контакт оборотной воды с окружающей средой, а значит и исключено попадание в контур различного мусора и загрязнений.

Ключевые слова: металлургия, вода, окружающая среда, градирня, охлаждения, закрытый, завод.

Градирни — это специальные устройства для охлаждения большого количества воды посредством направленного потока воздуха. Также их называют охладительными башнями — это более понятно звучит.

Это одно из наиболее эффективных устройств для охлаждения воды в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий. Высокая башня создает ту самую тягу воздуха, которая необходима для эффективного охлаждения циркулирующей воды. Вытяжные башни служат для создания естественной тяги благодаря разности удельных весов воздуха, поступающего в градирню, и нагретого воздуха, выходящего из градирни. Под оросителем располагается водосборный резервуар. Вода подается в водораспределительное устройство по размещаемым в центре градирни стоякам. Благодаря высокой башне одна часть испарений возвращается в цикл, а другая – уносится ветром. Из-за этого в округе не образуется сырости, тумана и обледенений в зимнее время, хотя возможно появление льда вокруг оросительных устройств. Раньше градирни служили для добычи соли выпариванием. В настоящее время эти сооружения используются для незначительного охлаждения теплой воды. «Незначительное» означает, что после градирни вода не становится ледяной, как в чиллере (+7 градусов). Температура поступающей воды в градирню — от 40 до 50 градусов, после градирни – от 25 до 30 градусов, зависит от технологических потребностей.

Необходимость охлаждать теплую воду возникает, если того требует технологический процесс на производстве или в случае охлаждения воды

для чиллера с водяным конденсатором. ТЭС, АЭС, промышленные предприятия потребляют огромное количество технической воды, прежде всего, для охлаждения узлов и агрегатов. Вода при этом, естественно, нагревается. Поскольку зачастую вода двигается по замкнутому контуру (т. е. не сливается в реку, а снова идет для охлаждения агрегатов), ее следует охладить. Это нужно, прежде всего, для повышения эффективности охлаждения – чем холоднее вода, тем лучше она будет охлаждать оборудование.

Для целей частичного охлаждения воды применяются градирни. Принцип работы градирни достаточно прост. Процесс охлаждения в градирнях происходит за счет частичного испарения воды и теплообмена с воздухом. Вода в градирне стекает по оросителю сбегает каплями или тонкой плёнкой. В это время вдоль оросителя проходят потоки воздуха, существует такая закономерность: в градирнях при испарении 1 % воды температура оставшейся понижается на 6 С. Потеря жидкости восполняется за счет внешнего источника. Причем свежая вода при необходимости подвергается обработке (фильтрации). Наиболее сложным элементом башенной градирни является вытяжная башня, конструкция которой в основном определяется материалом, из которого ее сооружают. Горячая вода поступает в градирню, где в зависимости от типа и конструкции градирни, происходит ее охлаждение, до необходимой температуры. Охлаждение воды может осуществляться:

- потоком атмосферного воздуха (вентиляторные градирни);
- за счет распыления горячей воды форсунками на специальный наполнитель с развитой площадью, по которому вода растекается тонкой пленкой и за счет медленного ее течения - охлаждается (башенные, атмосферные градирни);
- за счет распыления воды в специальных каналах и естественном захвате атмосферного воздуха (эжекционные градирни).

В любом случае вода вступает в контакт с воздухом, которому отдает часть своего тепла и тем самым, понижая свою температуру. Приобретая необходимую температуру, вода поступает обратно для охлаждения теплообменных аппаратов или других приборов, у которых необходимо снизить температуру.

По принципу подачи атмосферного воздуха, градирни делят на: башенные (рисунок 1) и вентиляторные (рисунок 2).

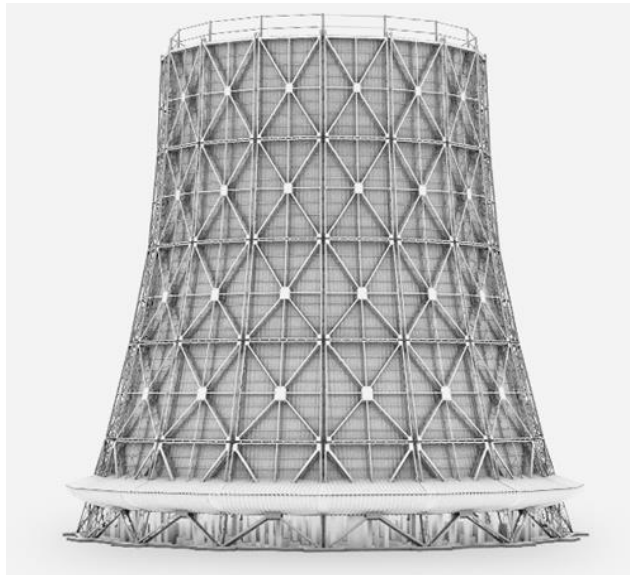


Рисунок 1 – Башенная градирня

Благодаря своей эффективности, экономичности, простоте обслуживания башенные градирни используются на большинстве крупных промышленных предприятий, где требуется охлаждение больших объемов воды в оборотных системах.

Корпус таких водоохлаждающих сооружений представляет собой высокую вытяжную башню (отсюда и название этого типа градирен), в которой необходимая тяга воздуха создается естественным путем, без применения дополнительного энергоемкого оборудования. Размеры, высота и форма башенных градирен могут быть разными: они подбираются в зависимости от климатических условий эксплуатации башни и ее требуемой производительности.

По материалам, из которых изготовлен корпус сооружения, охлаждающие башни делятся на:

– железобетонные – башенные градирни такого типа могут быть до сотни метров высотой, с площадью орошения до 10 тыс. м²;

– каркасно-обшивные – менее материалоемкие сборные конструкции, состоящие из прочного стального каркаса и листовых материалов (алюминиевых, оцинкованных, полимерных, стеклопластиковых).

В силу конструктивных особенностей каркасно-обшивные башенные градирни отличаются от бетонных меньшим сроком эксплуатации и в обязательном порядке требуют оснащения надежной гидроизоляции, включая стыки обшивочных материалов и сами листы обшивки. Железобетонные башни возводятся из высокопрочного водостойкого бетона. В этом случае конструкция покрывается проникающей гидроизоляцией. Для доступа воздуха внутрь башни обустраивается рамная колоннада, над которой располагаются ороситель и водораспределительные установки.

Резервуар (бассейн нужного объема), оснащенный дополнительно переливным трубопроводом (для полного слива содержимого или

регулирования его уровня), размещается в основании градирни. Именно в него поступает горячая вода, которая остужается до требуемой температуры.

Преимущества: экономичность в работе — при эксплуатации таких сооружений не требуется электроэнергия; высокая эффективность при простоте эксплуатации и обслуживания; продолжительный срок эксплуатации.

Недостатки: относительная дороговизна строительства и необходимость выделения площади под строительство — они полностью окупаются перечисленными выше достоинствами.

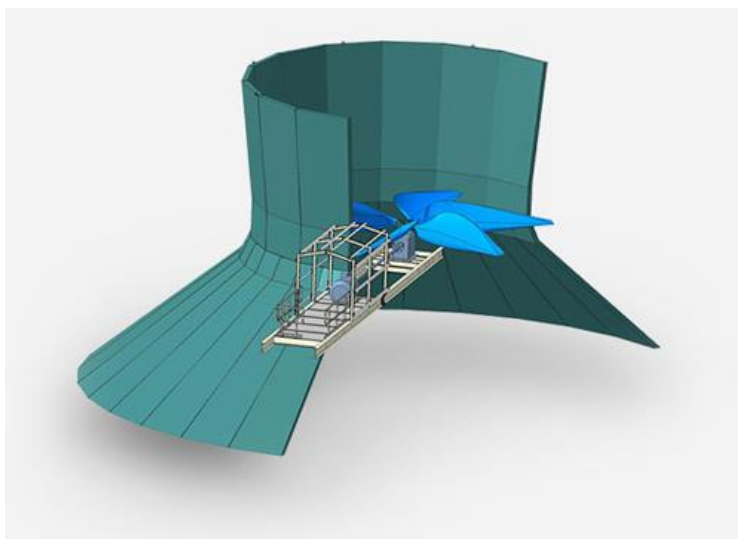


Рисунок 2 – Вентиляторная градирня

Принцип действия вентиляторной градирни основан на контакте охлаждаемой воды с мощными потоками атмосферного воздуха, которые создаются специальными вентиляторами.

Вентиляторные градирни делятся на два основных типа:

- секционные;
- башенные.

Не следует путать вентиляторные башни с традиционными башенными градирнями, так как последние работают на естественной тяге воздуха, создаваемой самой башней, и вентиляторы в таких конструкциях не используются. В вентиляторных градирнях башенного типа естественная тяга, создающаяся высотой башни, усиливается мощными электровентиляторами, что существенно увеличивает производительность установки. Секционные вентиляторные градирни представляют собой ряд отдельных секций, в каждой из которых работают автономные вентиляторы. Предотвращение каплеуноса воды, которое неизбежно при повышенной скорости воздушного потока, осуществляется при помощи водоуловителей в виде решеток-жалюзи. Потери обратной охлаждаемой жидкости минимизируют каплеуловительные устройства. Для тщательного контроля температуры рабочей жидкости на производствах, где этот показатель критичен, в вентиляторных градирнях устанавливают термопары, которые в автоматическом режиме регулируют частоту вращения вентиляторов в зави-

симости от температуры воды или другой охлаждаемой жидкости. Эффективность установок такого типа стала причиной их популярности.

Преимущества: относительно низкая стоимость строительства; повышенная глубина охлаждения; небольшая площадь застройки.

Недостатки: затраты на электроэнергию; повышенный каплеунос; затраты на обслуживание, т.к. данному типу градирен требуется эксплуатационный

Для максимальной экономии дорогостоящих жидких теплоносителей, а также пресной воды в местах, где этот ресурс дефицитен и/или труднодоступен, на предприятиях используют сухие градирни — охлаждающие установки, в которых рабочая жидкость циркулирует в замкнутом пространстве труб теплообменника, обдуваемых потоками воздуха (рисунок 3). Напор, объем, скорость передвижения воздушных масс для ускорения процесса охлаждения обеспечиваются в сухих градирнях мощными вентиляторами. Так как вода (или иная рабочая жидкость, которую требуется охладить) не вступает в непосредственный контакт с воздухом и находится в герметичном теплообменнике, ее потери практически исключены. Объем жидкости на выходе из градирни остается таким же, как и на входе: она не испаряется и не разбрызгивается. Герметичность радиаторов обеспечивает также надежную защиту от загрязнения.



Рисунок 3 – Сухие градирни

Наиболее эффективный тип теплообменного радиатора для сухой градирни – охлаждающие алюминиевые колонны, которые выполнены из трубок диаметром 15 мм и реберных пластин толщиной 0,3 мм — изобрел венгерский инженер Форго. И его изобретение нашло широкое применение: оно используется как основа для обустройства сухих градирен разной производительности. Радиаторные колонны такого типа устанавливаются непосредственно в окнах-воздуховодах сухих градирен.

Сам процесс охлаждения прост:

- в трубки радиатора подается рабочая жидкость;
- стенки трубок и металлические ребра теплообменника обдуваются атмосферным воздухом, приток которого обеспечивают вентиляторы;

- через металл происходит активная отдача тепла от носителя к обдуваемому радиатор воздуха;
- из градирни поступает охлажденная жидкость.

Металл обеспечивает нужную скорость теплоотдачи, а ребра увеличивают площадь контакта воздуха с теплообменником, что существенно ускоряет процесс. По такому же принципу функционируют системы чиллер-фанкойл.

Преимущества: экономия теплоносителя; соблюдение его чистоты; отсутствие коррозионных процессов внутри градирни.

Недостатки: высокая стоимость большие габариты невысокая эффективность охлаждения (температура рабочей жидкости на выходе в среднем на 6 °С выше, чем температура воздуха); возможность замерзания жидкости в теплообменнике при минусовых температурах; необходимость энергозатрат.

В результате реализации этого монтажа исключается контакт оборотной воды с окружающей средой, а значит и исключено попадание в контур различного мусора и загрязнений. В мокрых градирнях закрытого типа расположен герметичный теплообменник, через который проходит вода или охлаждающая жидкость основного контура, а сам теплообменник охлаждается водой и воздухом из внешней среды. Снижение попадания в контур различного мусора и загрязнений обеспечивается за счет организации градирни закрытого типа.

Чаще всего мокрые оросительные градирни закрытого типа используются для охлаждения воды на больших промышленных предприятиях, таких как теплоэлектростанции или АЭС. Экономичная эксплуатация промышленных башенных градирен довольно выгодна, однако их строительство требует немалых затрат и большой площади для размещения.

Библиографический список

1. Испарительные градирни: современные конструкции и преимущества реконструкции. Бергман Л.Д, Энергетик. 2000. - Специальный выпуск, 2000 г.
2. . Оптимизация водно-химического режима оборотных систем теплоснабжения с градирнями паротурбинных Бондарь Ю.Ф ТЭС // Электрические станции. 1991. - №11. - С. 29-32..
3. Гальперин А.М. Техногенные массивы и охрана природных ресурсов : учебное пособие для вузов. Т. 2 : Старые техногенные нагрузки и наземные свалки / А.М. Гальперин, В. Фёрстер, Х.-Ю. Шеф. – Москва.: МГГУ, 2006. – 259 с.
4. Основы гидрометаллургии : учебное пособие для вузов / И.Ю. Кольчурина, О.И. Нохрина, В.В. Руднева, В.М. Федотов ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2008. – 225 с.
5. Материальный и тепловой баланс конвертерной плавки с использованием твердых бытовых отходов : метод. указания / Е.В. Протопопов, Л.А.

Ганзер, А.Н. Калиногорский. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – 47 с. Малоцементные и бесцементные вяжущие и мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов : [учебное пособие для вузов] / С. И. Павленко, М. В. Луханин, Е. Г. Аввакумов, Е. В. Корнеева ; под ред. Е. Г. Аввакумова. – Новосибирск : СО РАН, 2010. – 300 с.

6. Горбунова О.А. Освоение подземного пространства при утилизации техногенных отходов. Ч.1 : Заполнение выработанного пространства твердеющей закладкой на основе отходов обогащения / О.А. Горбунова. – Москва: МГГУ , 2010. – 97 с. : ил. – (Экология горного производства). – Библиогр.: с. 87-97. 20. Справочник "Минеральные ресурсы мира", т.2 (хроника текущих событий), 2001.

7. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды - Москва: Недра, 1993.

8. Методические указания по стабилизационной обработке охлаждающей воды в оборотных системах охлаждения с градирнями оксиэтилидендифосфоновой кислотой Бондарь Ю.Ф., Гронский Р.К. РД 34.22.503-89. Москва.: Изд-во ВТИ, 1989. 24 с. градирня

9. Лапицкая М.П., Зуева Л.И., Балаескул Н.М., Кулешова Л.В. Очистка сточных вод. - Минск : Высшая школа, 1983. – 256 с.

10. Яковлев С.В., Корелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод. – Москва: Стройиздат, 1985. – 336 с.

УДК 504.064

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ НА КОТЕЛЬНЫХ

Улитина Г.Н., Михайличенко Т.А.

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

В данной статье рассматривается мониторинг окружающей среды, учет и контроль выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на котельных, а также приборы учета.

Ключевые слова : окружающая среда, экология, атмосфера, промышленное производство, вредные выбросы, контроль, система, учет.

Тепловое потребление - это одна из основных статей топливно-энергетического баланса нашей страны. На удовлетворение тепловой нагрузки страны расходуется ежегодно более 600 млн. т условного топлива, т.е. около 30 % всех используемых первичных топливно-энергетических ресурсов.

В России тепловое хозяйство развивается в течение длительного периода по пути концентрации тепловых нагрузок, централизации теплоснабжения и комбинированной выработки электрической и тепловой энергии.

Широкое развитие получила теплофикация, являющаяся наиболее рациональным методом использования топливных ресурсов для тепло- и электроснабжения.

Развитие теплофикации способствует решению многих важных социальных и народнохозяйственных проблем таких, как повышение общей и тепловой экономичности электроэнергетического производства, обеспечение качественного и экономичного теплоснабжения промышленных и жилищно-коммунальных комплексов, улучшение экологической обстановки в промышленных районах и городах, снижение трудозатрат в тепловом хозяйстве.

Важным звеном теплофикационной системы являются тепловые сети и котельные, по которым теплота транспортируется от источников теплоснабжения до тепловых потребителей.

В настоящее время одним из главных факторов, определяющих состояние окружающей среды и экологическую ситуацию в местах проживания людей, является промышленное производство. В Кемеровской области, на относительно небольшой территории сосредоточены угледобывающие предприятия, предприятия химической промышленности, черной и цветной металлургии и т.д., влияние индустриальной деятельности человека на окружающую среду достигло катастрофического уровня. Но в то же время, полностью избежать воздействия вредных выбросов на окружающую среду невозможно из-за чрезвычайного роста в этом случае себестоимости продукции.

Решение данной проблемы возможно через создание специальной системы изучения и наблюдения качества природных сред, позволяющей оценить их состояние и выявить тенденции в развитии ситуации, что в свою очередь позволяет вовремя принять необходимые технические решения для улучшения качества окружающей среды. Эта система называется - мониторингом окружающей среды.

Мониторинг – это неотъемлемая часть системы управления качеством окружающей среды. Он позволяет оценить состояние природных сред (вода, воздух, почва), и даёт возможность своевременно принять конкретное решение, направленное на улучшение качества окружающей среды, за счет изменения технологии производства, организации очистки выбросов и т.п.

Мониторинг включает:

1) выявление источников загрязнения окружающей среды и факторов, которые приводят к наиболее серьёзным и длительным изменениям в природных средах;

2) оценку фактического состояния природных сред;

3) наблюдение за состоянием природных сред;

4) наблюдение за факторами, воздействующими на природную среду;

5) прогноз состояния природной среды и его оценку.

Существующая на предприятиях система локального мониторинга, в основе которой лежит деятельность промышленно-санитарных лабораторий,

является одним из основных звеньев, природоохранной структуры управления качеством окружающей среды в зоне действия предприятия.

Работа промышленно-санитарной лаборатории предприятия строится в зависимости от характера его взаимодействия с окружающей средой.

Контроль выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на котельных должен обеспечивать:

- 1) систематические данные о выбросах;
- 2) исходные данные к отчетности котельной по форме №2-тп (воздух);
- 3) информацию к оценке соблюдения установленных норм выбросов и к анализу причин, вызывающих превышение норм.

Контроль подразделяется на производственный и технологический (внутрипроизводственный):

Производственный контроль должен обеспечивать:

- 1) систематические данные о валовых выбросах;
- 2) оценку соблюдения установленных норм валовых выбросов;
- 3) исходные данные к отчетности котельной.

Технологический контроль должен обеспечивать:

- 1) информацию к соблюдению норм удельных выбросов;
- 2) систематические данные об удельных выбросах;
- 3) информацию для воздействия на технологические процессы в котлах, пыли и газоочистном оборудовании, которые влияют на выбросы в атмосферу.

Технологический контроль осуществляется в объеме, устанавливаемом руководством котельной, для источников (ГЗУ и котельных установок), включает определение удельных (технологических) выбросов от них, и учет результатов определения.

Для одинаковых (с учетом газоочистных установок) источников выделения, работающих на одном и том же топливе, контроль может осуществляться по одному из источников, его результаты могут быть распространены на все однотипные источники. При этом измерения не должны проводиться, на одном и том же источнике выделения.

Контролю подлежат только те нормируемые загрязняющие вещества, которые выбрасываются вместе с дымовыми газами, для которых установлена норма выброса. К нормируемым загрязняющим веществам, выбрасываемым вместе с дымовыми газами, относятся:

- 1) пыль (зола твердого топлива);
- 2) оксиды серы (в пересчете на диоксид серы);
- 3) оксид углерода;
- 4) оксид азота;
- 5) диоксид азота;
- 6) мазутная зола (в пересчете на ванадий)

При контроле определяются выбросы: максимальные (средние за 20 минут), в граммах в секунду (г/с) и суммарные (за длительный период - ме-

сяц, квартал, полугодие, год) в тоннах (т).

Контроль максимальных выбросов, осуществляется только для загрязняющих веществ, на которые установлен норматив выбросов.

Контроль выбросов подразделяется: на разовый и систематический, осуществляемый непрерывно или периодически. Непрерывный систематический (аналитический) контроль осуществляется с целью определения максимальных и годовых выбросов из дымовых труб, с помощью стационарных газоанализаторов, расходомеров и пылемеров, дымовых газов.

Разовый контроль выбросов из дымовой трубы осуществляется:

1) после выхода котла, его пылегазоочистного оборудования из капитального ремонта;

2) при переводе котла на длительное использование нового топлива;

3) после реализации воздухоохраных мероприятия (включая мероприятия, предназначенные для реализации при неблагоприятных метеоусловиях) для оценки их эффективности;

4) после реконструкции, замены, изменения режима работы пылегазоочистного оборудования.

Для учета технологических выбросов, должен вестись журнал учета технологических выбросов. Если все загрязняющие вещества контролируются инструментальным методом, то возможно ведение единого журнала измерений, для технологического и производственного контроля.

Частота, объем, график, средства и система учета технологического контроля определяются руководством котельной.

На котельной должен быть разработан план-график контроля соблюдения установленных нормативов (ВСВ и ПДВ). План-график должен быть согласован с местным органом Госкомэкология РФ и утвержден главным инженером котельной.

План-график должен включать:

1) перечень источников выбросов и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, подлежащих контролю;

2) наименование методов и периодичность контроля выбросов;

3) нормативы выбросов;

4) перечень подразделений или лиц, осуществляющих контроль.

Для учета выбросов в атмосферу на котельной должны вести два журнала: учета выбросов и изменений выбросов.

В первом журнале (учета выбросов) учет выбросов ведется по складу угля, дымовым трубам, золоотвалу и по котельной в целом.

В журнале на основании обработки информации измерений, а при их отсутствии, на основании расчетов ежемесячно записываются:

1) выброс за месяц в тоннах;

2) максимальный в течение месяца выброс в граммах в секунду (при отсутствии стационарных пылемеров и газоанализаторов - наибольшее из значений расчетного выброса и выброса, рассчитанного с использованием инструментальных измерений, которые проводились в этот месяц) для

веществ, на которые установлен норматив выброса в граммах в секунду(г/с).

Если в течение месяца выброс не производился, то в соответствующей графе следует ставить (0)ноль. Запись производится не позднее чем через 5 суток после окончания месяца.

Для контроля за выбросами в атмосферу используются ниже приведенные приборы.

Газоопределители ГХ-Е выпускаются в 7-ми модификациях: для определения концентрации оксида углерода, сероводорода, окислов азота, диоксида серы, акролеина, формальдегида.

Газоопределители химические ГХ-Е предназначены для экспресс-определения (контроля) содержания газов (оксида углерода, сероводорода, окислов азота, сернистого газа, акролена, формальдегида) в воздухе (рудный воздух, воздух рабочей зоны), в промышленных выбросах предприятий, в выхлопах автомобилей и в атмосферу населенных пунктов.

Каждый газоопределитель конкретной модификации состоит из: соответствующей индикаторной трубки конкретного типа, и аспиратора сильфонного типа.

Индикаторный метод определения содержания вредных веществ в воздухе, и в выбросах в атмосферу с применением приборов типа ГХ-Е стандартизован и узаконен в Российской Федерации и за рубежом.

Суть метода состоит - в измерении длины слоя индикаторной массы, изменившего окраску, в результате взаимодействия реактивного слоя в трубке, с исследуемым газовым компонентом. Содержание токсичного компонента, есть функция длины окрашенного слоя.

Таким образом, контроль качества за выбросами в и контроль сбросных вод позволяет, с одной стороны, поддерживать объем вредных выбросов в пределах нормы, с другой же стороны - это позволяет обеспечить оптимальные условия протекания технологического процесса.

Библиографический список

1. Соколов Б. А. Устройство паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности: Учебное пособие. – Москва: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с.
2. Щеголев М. М. Топливо, топки и котельные установки.– Москва: Государственное издательство по строительству и архитектуре.– 1975.– 544 с.
3. Эстеркин Р. И. Курсовое и дипломное проектирование. – Ленинград: Энергоатомиздат. – 1989. – 280с.
4. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. – Москва: Энергоатомиздат.–1989.– 480 с.
5. Сидельковский Л. Н., Юренев В. Н. Котельные установки промышленных предприятий. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 356с.
6. СНиП II – 35 – 76. Котельные установки. – Москва: Стройиздат, 1974.

7. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Москва: Госгортехнадзор. –1972.

8. Соколов Б. А. Котельные установки и их эксплуатация. / Б. А. Соколов. – Издательский центр «Академия», 2007. – 432с.

9. Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года (подготовлен МЧС России 12.02.2016).

УДК 614.84

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Улитина Г.Н., Михайличенко Т.А.

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

В данной статье анализируются условия безопасности жизнедеятельности и условия, в которых трудится человек, влияющие на производительность труда.

Ключевые слова: безопасность, эксплуатация, требование, обеспечение, производительность труда, условия,

Условия, в которых трудится человек, влияют на результаты производства – производительность труда, качество и себестоимость выпускаемой продукции. Производительность труда повышается за счет сохранения здоровья человека, повышения уровня использования рабочего времени, продления периода активной трудовой деятельности человека.

Улучшение условий труда и его безопасности приводит к снижению производственного травматизма, профессиональных заболеваний. Это сохраняет здоровье трудящихся и одновременно приводит к уменьшению затрат на оплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда, на оплату последствий такой работы (временной и постоянной нетрудоспособности), на лечение, переподготовку работников производства в связи с текучестью кадров по причинам, связанным с условиями труда.

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных метеорологических условий в рабочей зоне помещений, т. е. пространстве высотой до 2м над уровнем пола или площадки, где находятся рабочие места.

Параметры – температура окружающих предметов и интенсивность физического нагревания организма характеризуют конкретную производственную обстановку и отличаются большим разнообразием. Остальные параметры – температура, скорость, относительная влажность и атмосферное давление окружающего воздуха – получили название параметров микроклимата.

Параметры микроклимата воздушной среды, которые обуславливают оптимальный обмен веществ в организме, и при которых нет неприятных

ощущений и напряжённости системы терморегуляции организма, называют комфортными или оптимальными.

Условия, при которых нормальное тепловое состояние человека нарушается, называются дискомфорными.

Методы снижения неблагоприятных воздействий в первую очередь производственного микроклимата осуществляются комплексом технологических, санитарно-технических, организационных и медико-профилактических мероприятий: вентиляция, теплоизоляция поверхностей источников теплового излучения (печей, трубопроводов); более современное, применение коллективных средств защиты (экранирование рабочих мест либо источников, воздушные душирования и т.д.).

Показатели, характеризующие комфортные условия в производственных помещениях:

- 1) температура воздуха на рабочем месте: в помещении в тёплый период 18-22°C, в помещении в холодный период 20-22 °С, на открытом воздухе в тёплый период 18-22°C, на открытом воздухе в холодный период 7-10°C;
- 2) относительная влажность воздуха 40-54 %;
- 3) скорость движения воздуха менее 0,2м/с;
- 4) токсичные вещества (кратность превышения ПДК) менее 0,8;
- 5) промышленная пыль (кратность превышения ПКД) менее 0,8;
- 6) освещенность, кратность превышения или уменьшения 1,3-1,5.

Для безопасности выполнения технологических операций предусматривается следующий комплекс мероприятий, обеспечивающий безопасные для жизни и безвредные условия труда.

- 1) устройство площадок для обслуживания котлоагрегата;
- 2) ограждение движущихся механизмов топливоподдачи и углеподготовки, оборудование площадок, приямков и проемов;
- 3) обеспечение нормальной освещенности рабочих мест;
- 4) устройство защитного заземления;
- 5) установка вентиляторов и защитных экранов на рабочих местах машинистов котлов и машинистов обходчиков;
- 6) газоочистка.

Противопожарные требования к зданию котельной обозначены в техническом задании на строительство. Перед возведением здания проект согласовывают в территориальном отделении МЧС.

Степень огнестойкости стен, перекрытий, полов, внутренних перегородок котельной должна соответствовать классу конструктивной пожарной опасности. Применяют материалы, которые не горят, не поддерживают горение, не выделяют ядовитые вещества при пожаре.

Двери, на выходе из помещения котельной, открываются наружу. Оконные проемы — легко сбрасываемые конструкции при взрыве газо-воздушной смеси, должны соответствовать расчетной площади и конструктивному исполнению.

Электроснабжение котельной выполняют в соответствии с требованиями взрывов и пожарной безопасности. Защита исключает опасность возникновения пожара при коротком замыкании или перегрузках сети. В котельной предусматривают устройство аварийного освещения, молниезащиты и заземления (нефте или газопроводов, в том числе).

Котельные относят к категории производства повышенной пожарной опасности и оборудуют внутренним пожарным водопроводом. Пожарный шкаф (навесной, встроенный или приставной) устанавливают рядом с пожарными кранами и пломбируют.

На дверце шкафа указывают: поясняющее буквенное обозначение, номер крана и телефон пожарной службы. Расположение пожарных кранов должно обеспечивать доступ двух струй (с заданным напором и расходом), в каждую точку помещения.

Главный инженер организует работу и контролирует соблюдение утвержденных «Правил пожарной безопасности в РФ» на предприятии. Ответственный за пожарную безопасность объекта обязан проводить с сотрудниками вводные, первичные, повторные, целевые и внеплановые инструктажи на рабочем месте.

Занятия по пожарно-техническому минимуму организуют с работниками котельной регулярно. Плановые противопожарные тренировки проводят один раз в год, для выработки навыков и согласованных действий работников.

Регламент предприятия предписывает порядок действий работников при возникновении пожара. План эвакуации, таблички с номерами экстренного вызова пожарных служб и инструкцию по действиям персонала при пожаре вывешивают на видных местах.

В целях пожарной безопасности при эксплуатации котельной запрещается:

- 1) допускать к работе персонал без специального обучения и квалификационного удостоверения;
- 2) эксплуатировать оборудование с неисправной системой подачи топлива;
- 3) работать при отключенной или неисправной автоматике КИП;
- 4) производить запуск котла без продувки;
- 5) использовать поверхности котлов и паропроводов для сушки вещей (спецодежды);
- 6) хранить баллоны с газом (пропан, кислород), бензин и другие, легко воспламеняющиеся жидкости;
- 7) курить на рабочем месте;
- 8) производить временные огневые работы без соблюдения регламента (наряд-допуск);
- 9) работать в промасленной спецодежде.

Систему пожарной сигнализации устанавливают в котельных для

своевременного обнаружения очага возгорания, оповещения об опасности, отключения оборудования и ликвидации пожара. Модульные котельные оборудуют системой автономной пожарной сигнализации на стадии производства. Выбор типа автономной пожарной сигнализации для стационарных промышленных котельных зависит от вида, используемого в них топлива.

Датчики (дымовые, тепловые, световые, ионизированные, ручные и комбинированные) передают сигнал по шлейфу на контрольную панель или распределительную коробку. Располагают извещатели на потолке, в удалении от кондиционеров и вентиляции. При срабатывании прибора формируется тревожный звуковой сигнал.

Устройства пожарной сигнализации в котельной имеют бесперебойное электроснабжение (сеть 220В и резервные источники питания).

Порядок применения противопожарного инвентаря зависит от типа возгорания. Например, порошковые и углекислотные огнетушители можно применять для тушения пожаров класса Е. Горящий мазут забрасывают песком, перемещаясь от края к центру.

Места расположения первичных средств пожаротушения обозначают специальными знаками. Огнетушители (порошковые, пенные, углекислотные) располагают возле технологического оборудования котельной. Необходимое количество и тип огнетушителей определяют согласно требованиям, указанным в технической документации на оборудование. Каждому огнетушителю оформляют паспорт и присваивают порядковый номер.

Техническое обслуживание и перезарядку проводят организации, имеющие лицензию на данный вид деятельности. Запорную арматуру огнетушителя пломбируют. Асбестовое полотно, войлок, кошму хранят в металлических футлярах, в местах, где необходима защита оборудования от искр и открытого огня при пожаре.

Чистый просеянный песок хранят в закрытых ящиках из металла. Каждый ящик комплектуют парой железных лопат.

Комплект пожарного крана хранят в опломбированном шкафу и используют строго по назначению. Для уплотнения соединений используют резиновые прокладки.

В состав комплекта входят:

- 1) напорный пожарный рукав;
- 2) соединительная головка;
- 3) запорный клапан;
- 4) ручной пожарный ствол;
- 5) переносной огнетушитель.

Ящики и щиты для противопожарного инвентаря, черенки лопат обязательно окрашиваются в красный цвет.

Таким образом условия, в которых трудится человек, влияют на результаты производства, так же занятия по пожарно-техническому минимуму организуют с работниками котельной регулярно. Плановые

противопожарные тренировки проводят один раз в год, для выработки навыков и согласованных действий работников.

Библиографический список

3. Эстеркин Р. И. Курсовое и дипломное проектирование. – Ленинград: Энергоатомиздат. – 1989. – 280с.

4. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. /Под редакцией профессора Роддатиса К. Ф. – Москва: Энергоатомиздат. – 1989. – 480с.

5. Сидельковский Л. Н., Юренев В. Н. Котельные установки промышленных предприятий. Для студентов ВУЗов. – Москва: Энергоатомиздат, 1988. – 356с.

7. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Москва: Госгортехнадзор. 1972.

8. Соколов Б. А. Котельные установки и их эксплуатация. Учебное пособие. /Б. А. Соколов -2-е издание исправленное. – Москва: Издательский центр «Академия», 2007, – 432с.

9. Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года (подготовлен МЧС России 12.02.2016).

УДК 662.769.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И МЕТАЛЛУРГИИ

Сидонова М.В., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: mkirilyak16@mail.ru*

В данной статье рассмотрены основные способы получения водорода, его методы хранения и использование в электроэнергетике, металлургии.

Ключевые слова: парниковые газы, метан, водородная энергетика, электролиз, хранение, использование.

На фоне глобального стремления к декарбонизации, водород рассматривается как перспективный энергоресурс для мировой энергетической и металлургической отраслей. Такие качества, как высокая энергоемкость на кг (в три раза превышает газ, бензин, дизельное топливо) и отсутствие вредных выбросов при его сгорании (после решения проблем с образованием оксидов азота), позволяют использовать водород в промышленном производстве, на транспорте, для прямого потребления без существенного вреда для окружающей среды и, теоретически, с меньшим уровнем выбросов парниковых газов. Преимуществом водорода также является возможность его получения из различных источников: газ, вода,

уголь, нефть, мусор, биомасса. Рассмотрим основные способы получения водорода, его методы хранения и использование в электроэнергетике, металлургии.

Способы получения водорода. На данный момент известны несколько способов получения водорода, которые условно делятся на физические, электрохимические и химические.

К физическим методам относят процессы, в которых первичное сырье (коксовый газ или газ, получаемый при пиролизе бутадиена) уже содержит свободный водород, и требуется только каким-либо другим способом отделить его от остальных компонентов. В основном, этими газами являются нефтезаводские газы, в состав которых входит смесь водорода и углеводородов, извлечение водорода осуществляют за счет глубокого охлаждения, абсорбции или адсорбции, диффузии через мембраны.

В электрохимических методах выделение водорода из его химических соединений осуществляется разложением под действием электрического тока.

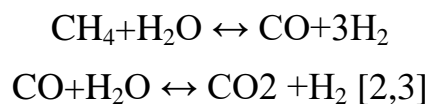
Самыми распространенными методами являются химические методы получения водорода, особенно, в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Как правило, применяются методы газификации и конверсии (неполное окисление горючих топлив), а также разложение горючих ископаемых под действием высоких температур.

В качестве источника для получения H_2 используют природное топливо (уголь, древесина, метан, техногенные горючие газы, нефтепродукты). Далее под действием паров воды или воздуха с топливом образуется синтез-газ, из синтез-газа выделяют водород. Другой источник – биомасса, из которой получают биогаз, а затем – синтез-газ. Итогом является образование CO_2 , H_2 и CO .

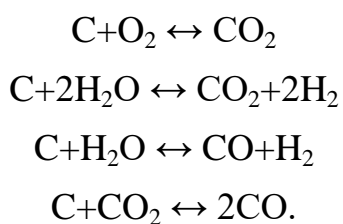
Следующим этапом осуществляют каталитическую очистку или электрохимическую конверсию. В конце всех преобразований получают чистый водород. Водород можно получать также электролизом воды и плазмохимией. Но на все это необходимо затрачивать электроэнергию. Для получения электрической энергии выгоднее всего использовать энергию возобновляемых источников. К основным методам генерации водорода в промышленности относят: паровую конверсию метана; газификацию угля; коксование; электролитическое разложение воды; термохимическое разложение воды; получение водорода из биомассы.

Паровая конверсия метана [1] в настоящее время – наиболее широко используемый метод производства водорода, по этой технологии получается около 85 % водорода, производимого в данный момент мире. Это связано с достаточно высокой (более 80 %) эффективностью процесса его реализации на уровне крупномасштабного производства. В результате стоимость водорода для этой технологии оказывается самой низкой по сравнению со стоимостью водорода, полученного другими методами.

Основные реакции процесса:



Газификация угля является старейшим способом получения водорода. Первый газогенератор был построен в Великобритании в 40х годах XIX века. Получение водорода из угля связано с термическим разложением воды, а уголь используется в качестве энергоресурса и химического реагента, на уголь одновременно действуют водяным паром и кислородом — происходит процесс парокислородной конверсии. Для данного метода характерны большие единичные мощности агрегатов и отсутствие ограничений по потокам энергии. Основные реакции процесса газификации угля:



Коксование – это разложение при высокой температуре без доступа воздуха твердых и жидких горючих ископаемых с образованием летучих веществ и твердого остатка – кокса [4]. Коксованию могут быть подвергнуты каменные и бурые угли, торф, каменноугольный пек, буроугольная и каменноугольная смола. Газообразные продукты, получаемые при коксовании, наряду с водородом содержат CO, CH₄, CO₂, N₂, водяные пары, летучие газообразные углеводороды. Содержание водорода в газообразных продуктах коксования может существенно различаться - от 20 % в торфе, 35 % в буром угле и 50 % в каменном угле, до 80 % в буроугольной и каменноугольной смолах.

Получение водорода путем разложения воды при действии на нее электрическим током называется электролизом. Преимуществами этого метода получения являются: устоявшаяся и коммерчески доступная технология; детально изученный промышленный процесс, удобный для получения водорода от воспроизводимых источников энергии (например, солнечной), компенсирует периодическую природу некоторых источников возобновляемой энергии; высокая чистота конечного продукта. Однако данный метод осуществляется с высокими энергозатратами и существует конкуренция с прямым использованием возобновляемой электроэнергетики.

Водород из биомассы получается термохимическим или биохимическим способом. При термохимическом способе биомассу нагревают без доступа кислорода до 800 °С (для отходов древесины), что намного ниже температуры процесса газификации угля. В результате процесса выделяется H₂, CO и CH₄. При биохимическом процессе водород вырабатывают различные бактерии. Для ускорения производства водорода из полисахаридов (крахмал, целлюлоза), содержащихся в биомассе, возможно применение различных энзимов. Процесс проходит при температуре 30 °С

при нормальном давлении.

Хранение водорода. При промышленном использовании водорода ему необходимо организовать безопасные и эффективные системы его централизованного хранения.

Первый и самый простой способ – это перевозка в баллоне высокого давления. Но газ нужно сжать, а это дополнительные затраты энергии. Зато водород в таких баллонах хранится длительное время и довольно удобен в использовании.

Второй способ – хранение и транспортировка в жидком состоянии. В жидком состоянии водорода в баллоне ненамного больше в баллоне, чем в газообразном, но возникают другие проблемы. Температура сжижения водорода всего на несколько градусов отличается от абсолютного нуля. Водород испаряется при этих температурах. По технологии это похоже на перевозку сжиженного природного газа: температура отличается на несколько десятков градусов, но технология одна и та же. Необходимо учитывать, что на сжижение водорода затрачивается больше энергии, чем на сжижение природного газа.

Третий способ – перевозить водород сразу химически связанным, сжиженный природный газ – это химически связанный водород. В месте, где употребляется сжиженный природный газ, необходим 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 [5].

Использование водорода в электроэнергетике. В электроэнергетике перспективным может быть использование водорода по двум основным направлениям. Первое – балансировка нагрузки, при которой избыточная электрическая энергия с помощью электролиза будет превращаться в водород, а в моменты ее дефицита водород будет являться топливом для электростанций. Второе направление – использование водорода в электроэнергетике в качестве теплоносителя в составе метано-водородной смеси (МВС), подаваемой в газовую турбину.

В первом направлении водород конкурирует с различными видами накопителей электроэнергии и использованием резервных мощностей, базирующихся на ископаемых топливах. Относительно средних затрат на хранение электроэнергии на настоящем этапе технологического развития водород пока уступает гидроаккумулирующим системам, подземному хранению сжатого воздуха, суперконденсаторам, маховикам и находится в конкурентной зоне с активно развивающимися литий-ионными, натрий-серными, свинцовыми и редокспроточными аккумуляторами.

Как уже отмечалось, во втором направлении водород используется в качестве теплоносителя в составе МВС, подаваемой в газовую турбину. Так как водород при взаимодействии с воздухом образует горючие смеси, применение МВС позволяет снизить расход воздуха, необходимого при сжигании метана [6]. При этом происходит более полное сжигание

природного газа и выделяющихся при горении попутных газов, что снижает выбросы в атмосферу оксидов азота, углекислого газа и монооксида углерода примерно на 30 %. Коэффициент полезного действия электростанций увеличивается примерно на 10 %, однако при этом повышается стоимость произведенного топлива.

Еще одним преимуществом этого способа является возможность использования существующей газотранспортной инфраструктуры. При этом природный газ может выступать и в качестве одного из источников получения водорода. Технологическими ограничениями могут быть негативное воздействие водорода на газопроводы [7] и потребность выделения водорода для тех потребителей, которым необходим только метан. Следует отметить, что согласно некоторым исследованиям при небольшом содержании водорода газопроводы способны сохранять свои технические параметры [8]. Проблема с охрупчиванием металла, из которого изготовлен газопровод, при увеличении содержания водорода может решаться путем применения для изготовления труб новых технологических материалов, но это потребует дорогостоящей модернизации газовых сетей.

Несмотря на то, что электроэнергия, выработанная с использованием водорода, дороже электроэнергии, генерированной с использованием ископаемых топлив, при текущем уровне технологий водород имеет определенные перспективы для вхождения в структуру энергобаланса. Увеличение платы за выбросы может существенно понизить экономические показатели при выработке электроэнергии с использованием ископаемых топлив, а значит повысить конкурентоспособность систем генерации электроэнергии с применением водорода.

Использование водорода в металлургии. Одной из наиболее перспективных технологий в сталеплавильном производстве является использование водорода вместо кокса в доменных печах в доменном процессе и прямом восстановлении железа на основе водорода в процессе внутри дуговой сталеплавильной печи. Водород можно использовать для замены кокса в качестве топлива при производстве передельного чугуна в доменном процессе. По прогнозам экспертов, доменно-конвертерный процесс с добавлением H_2 обеспечивает достижение целей краткосрочной и среднесрочной декарбонизации с сокращением выбросов CO_2 до 20 % по сравнению с традиционным доменным процессом [9].

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 22734-1-2013. Генераторы водородные на основе процесса электролиза воды. Часть 1. Генераторы промышленного и коммерческого назначения. [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <http://gostpdf.ru/gost22734-1-2013>, свободный (дата обращения 01.03.2023).
2. Радченко, Р. В. Водород в энергетике: учеб. пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. – 2014. -С. 229.
3. Гамбург Д.Ю., Семенов В.П., Дубовкин Н.Ф., Смирнова Л.Н.

Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение /Д.Ю. Гамбург, В.П. Семенов, Н.Ф. Дубовкин, Л.Н. Смирнова // справочник. - Москва: Химия. – 1989. – С. 671.

4. Технология производства нефтяного кокса и используемое в промышленности сырье [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://tekhnologiya-proizvodstva-neftyanogo-koksa-i-ispolzuetoe-v-promyshlennosti-syre/>, (дата обращения: 01.03.2023).

5. Zaryankin A. Hybrid electric power installations with high temperature steam turbines and hydrogen steam superheating [Текст] / A. Zaryankin, A. Sedlov, S. Arianov, A. Rogalev // Archiwum Energetyki. – 2010. – № 40. – pp. 207-221.

6. Аксютин О.Е., Полоус К.Ю., Сахаров А.А. Актуальные направления развития нефтегазовой отрасли Российской Федерации // Энергетическая политика. – 2019. № 2. – С. 24–29.

7. Алексеева О.К., Козлов С.И., Фатеев В.Н. Транспортировка водорода // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. № 3. – С. 18–24.

8. Кипперс М., Де Лаат Й., Хермкенс Р. Маленький шаг в водородное будущее // Газ России. – 2012. – № 1. – С. 28–36.

9. Климов П.В. Исследование содержания водорода в металле труб магистральных газопроводов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2011. – № 4. – С. 68–73.

10. Наш подход к изменению климата [Электронный ресурс]: сайт. – Режим доступа: <https://www.evraz.com/pdf/> свободный (дата обращения: 01.03.2023).

УДК 620.9

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Антонюк А.Е., Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: antonyuk_antonyuk00@mail.ru*

В статье рассмотрена возможность внедрения энергосберегающих и экологически чистых технологий использования биотоплива. Проанализированы отличительные особенности использования древесины в качестве топлива. Приведено сравнение полных годовых затрат на эксплуатацию котельной и среднегодовая удельная себестоимость тепловой энергии.

Ключевые слова: биотопливо, древесина, сжигание, технология, тепловая энергия.

В последние годы в развитых странах мира большое внимание уделяется решению проблем развития и эффективного использования возоб-

новляемых источников энергии. В России же, необходимость использования биомассы в качестве топлива, многие годы оставалась неостребованной. Этому способствовало ряд причин, из которых можно выделить основную — централизованные поставки топлива (угля, мазута, газа) на местные источники тепловой энергии. Биомассу, в частности древесные отходы предприятий, утилизировали производства по глубокой переработке древесного сырья (плитные, целлюлозно-бумажные и гидролизные производства). Сегодня, когда транспортные расходы на поставку топлива высоки и по этой же причине не позволяют перевозить отходы деревообрабатывающих производств на достаточно большие расстояния, с целью концентрации в местах их глубокой переработки, а вывоз в отвалы: сопряжен с экономическими санкциями со стороны экологических служб, настала необходимость решения вопроса энергообеспечения и утилизации отходов производств лесопромышленного комплекса [1].

В современных рыночных условиях внедрение энергосберегающих и экологически чистых технологий использования биотоплива могло бы в значительной мере обеспечить потребности в тепловой энергии предприятий, чья деятельность связана с переработкой древесины, а также небольших населенных пунктов или рабочих городков, расположенных рядом с данными предприятиями.

Однако у использования древесины в качестве топлива есть ряд отличительных особенностей.

Во-первых, необходимо строгое разделение биомассы по влажности. Здесь выделяют две категории: сырое с влажностью от 35 % до 55 %, и сухое с влажностью до 35 % биотопливо. Это вызвано тем что для сжигания биотоплива различной влажности необходима разная температура, и, как следствие, необходимость применения топков разной конструкции [2].

Во вторых, необходимо разделение на категории видов биотоплива топлива, получаемые в результате термической, механической или совместной термомеханической переработке биомассы. При этом необходимо помнить, что топливные брикеты, при придании им слишком большой плотности в результате прессования, не будут являться выгодным топливом, поскольку при сохранении низшей теплоты сгорания МДж/кг, при сжигании резко возрастет процент механического и химического недожога, а значит и потерь теплоты связанных с ними. А древесный уголь, при более высокой низшей теплоте сгорания, рассматриваться как топливо для котельных, даже в масштабе одного предприятия или населенного пункта, не может поскольку имеет слишком сложную и затратную технологию производства. Производить же топливные брикеты, пеллеты либо древесный уголь централизованно с последующей доставкой в котельные крайне невыгодно из за их низкой насыпной плотности, икак следствие удорожания перевозки в связи с увеличением затрат на эксплуатацию машин, особенно высоких цен на топливо.

В третьих, выбор технологии сжигания биотоплива должен основыв-

ваться на комплексной оценке гранулометрического состава, плотности и влажности биомассы. Так для сжигания различных фракций древесных отходов измельченные ветви деревьев, обрезки сырых пиломатериалов и прочие разновидности биомассы более всего подходят газогенераторы [3].

Использование слоевых топок с цепной решеткой прямого или обратного хода, шурующей планкой, наклонно переталкивающей решеткой для сжигания отходов деревообрабатывающих производств наталкивается на ряд проблем. Для качественного сжигания в слое оптимальный размер частиц подаваемого топлива должен быть около 50*50 мм. В случае более крупного размера частиц возможно образование прогаров в слое топлива, по причине неоднородного распределения топлива по поверхности колосниковой решетки, и дутьевой воздух подаваемый под решетку будет проходить через область, где слой топлива будет наиболее тонок, либо где будет большее количество пустот между частицами топлива. На всей же остальной площади колосниковой решетки интенсивность процесса горения резко уменьшится, то есть значительная часть топлива будет удалена с колосниковой решетки так и недогорев. По этой же причине в слоевых топках невыгодно использовать мелкие по размерам отходы (стружку, опилки) так как они образуют достаточно плотный слой через который затруднено прохождение дутьевого воздуха. Таким образом, основное требование для слоевых топок это однородность размеров топлива, в пределах 50*5 + мм. Данные размерные характеристики топлива можно обеспечить только при условии производства топливной щепы [4].

Можно предположить, что на деревообрабатывающих предприятиях наиболее целесообразным является сжигание древесных отходов в топках с псевдо сжиженным слоем, либо в вихревых топках. Данные технологии сжигания характеризуются весьма высокой теплонапряженностью топочного пространства за счет этого, а также высокой температуры в топке снижаются требования к влажностным параметрам используемого топлива. Однако применение данных топок также требует однородности дисперсного состава топлива. В особенности для топок с псевдо сжиженным слоем, особо требовательных к составу топлива, поскольку у частиц должна быть примерно одинаковая скорость витания. Более приемлемыми в этом отношении являются вихревые топки, как не столь требовательные к однородности дисперсного состава топлива. Частицы с различной массой и геометрическими параметрами будут занимать место в вихре соответственно действию на них различных физических сил. Данная технология также позволяет переоборудовать уже существующие котельные, изначально предназначенные для сжигания угля или мазута. Перед топкой котла монтируется предтопок, в котором и происходит сжигание топливных частиц в вихре а в пространстве топки происходит догорание топлива при этом экранированная поверхность стен топки воспринимает основное количество выделяющейся в процессе сжигания теплоты. Использование данных типов топочных устройств требует достаточной проработки технологических ре-

шений применения автоматики. Однако при этом будет обеспечена наибольшая полнота сгорания топлива, сведены к минимуму химический и механический недожог, за счет чего КПД котлоагрегата достигнет паспортного значения, в среднем около 86%.

В качестве примера рассмотрен сравнительный расчет годовых эксплуатационных затрат, затрат на покупку и хранение топлива, а также стоимости ГДж тепловой энергии при использовании в качестве топлива угля, мазута и древесных отходов. Расчет выполнен по определенной методике.

Расчетные величины тепловых нагрузок котельной взяты применительно к территории севера Хабаровского края. Котельная оборудована котлами марки КВ.

Анализ полученных результатов расчета позволил установить, что наибольший вес в общей структуре затрат котельной занимают расходы на топливную составляющую. При чем, если сравнить затраты на покупку и хранение топлива, то обнаружится, что затраты для котельной на древесных отходах примерно в 4,7 раза ниже, чем при использовании мазута, и в 2,3 раза в сравнении с углем [5].

Сравнение полных годовых затрат на эксплуатацию котельной подтверждает сохранение вышеозначенных пропорций (рисунок 1).

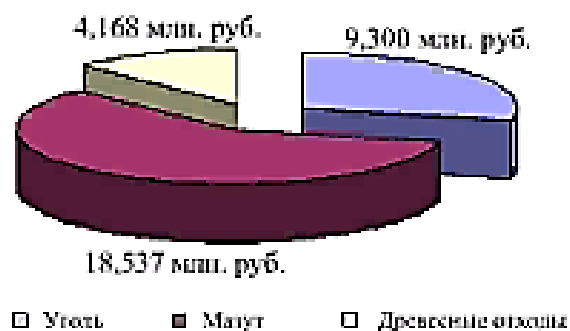


Рисунок 1 - Годовые эксплуатационные затраты котельной

Если же сравнивать среднегодовую удельную себестоимость тепловой энергии (руб. кДж), то можно констатировать, что затраты на 1 кДж вырабатываемой тепловой энергии при использовании древесных отходов 2.2 раза ниже, чем при использовании угля и в 4,4 раза ниже, чем при использовании мазута (рисунок 2).

Следует отметить, что при расчете цены на уголь и мазут брались минимальные из существующих, а на древесные отходы цены были несколько завышены, поскольку в каждом конкретном случае цена древесных отходов определяется технологиями заготовки и обработки древесного сырья.

Таким образом, проведенный анализ особенностей использования биотоплива в технологиях производства тепловой энергии и выполненный сравнительный расчет затрат, позволяют сделать вывод о том, что биотопливо является конкурентоспособной альтернативой традиционным видам

топлива и может применяться для снабжения тепловой энергией предприятий и небольших населенных пунктов.

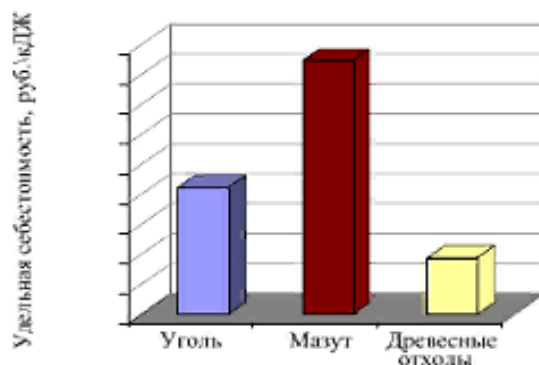


Рисунок 2 - Среднегодовая удельная себестоимость тепловой энергии

Кроме того нельзя забывать об экологичности биотоплива. При его сгорании не образуется оксидов серы и азота, а также благодаря низкой зольности снижены выбросы в атмосферу. С учетом всех этих факторов можно сделать вывод, что использование древесных отходов в качестве топлива может существенно сократить расходы предприятий и населенных пунктов на тепловую энергию. И при возможно несколько большей стоимости единовременных затрат на строительство или переоборудование котельных для сжигания биотоплива, данная технология себя достаточно быстро окупит [6].

Библиографический список

1. Дубиков А.Н. Предпосылки применения возобновляемых природных источников энергии в отраслях лесного комплекса [Текст] / монография / А. Н. Дубиков // Мытищи: Изд. Центр МГУЛ, 2001. – 4 с.
2. Анискин В.И. Перспективы использования растительных отходов в качестве биотоплив [Текст] / монография / В. И. Анискин, А. В. Голубкович // Санкт-Петербург : Теплоэнергетика, 2004. – 366 с.
3. Архангельский В.Д. Переработка вторичного древесного сырья [Текст] / В. Д. Архангельский // Москва : Теплоэнергетика, 2001. – 99 с.
4. Ахтямов Ф.Г. К вопросу об использовании древесных отходов (биомассы) в промышленной и коммунальной теплоэнергетике [Текст] / Ф.Г. Ахтямов // Санкт-Петербург, 2003. – 5 с.
5. Клименко В.В., Терёшин А.Г. Мировая энергетика и глобальный климат после 2100 года [Текст] / П.П. Клименко, А.Г. Терёшин // Санкт-Петербург: Теплоэнергетика, 2010. – С. 38–44.
6. Глебова, Е. В. Основы ресурсо-энергосберегающих технологий углеводородного сырья : учеб. пособие для подготовки бакалавров и магистров [Текст] / Е. В. Глебова, Л. С. Глебов, Н. Н. Сажина. - Изд. 2-е, испр. и доп. // Москва: Нефть и газ, 2005. – 183 с.

СОДЕРЖАНИЕ

I ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	2
О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ <i>Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.</i>	3
О РАСЧЕТЕ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ УГЛЕСОДЕРЖАЩЕГО СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА <i>Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.</i>	7
О ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОБЪЕМНОЙ ПЛОТНОСТИ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ <i>Гельгенберг И.О., Прошунин Ю.Е.</i>	11
РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА СОВРЕМЕННОЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА, НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII» <i>Хабибулова А.Р., Коряга М.Г.</i>	15
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАБЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ» <i>Шинтев И.С., Володина А.В.</i>	20
РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДЕГАЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА <i>Шинтев И.С., Коряга М.Г.</i>	23
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ ВДОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОРОГ <i>Альвинский Я.А., Григорьев А.А., Мананников С.Д., Никитина О.Ю.</i>	28
АППАРАТ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ РЕЗКИ МАССИВА ПОРОД И РАСШИРЕНИЯ СКВАЖИН <i>Альвинский Я.А., Григорьев А.А., Мананников С.Д., Никитина А.М.</i>	32
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СКОРОСТИ КОЛЕБАНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ДО ПАДАЮЩЕГО ГРУЗА <i>Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	36
РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВОВ И КОРРЕКТИРОВКА ПАСПОРТА БВР НА РАЗРЕЗЕ «МЕЖДУРЕЧЬЕ» <i>Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	40
ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ СИБГИУ НА РАЗРЕЗЕ АО «МЕЖДУРЕЧЬЕ» «НОВАЯ ГОРНАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ» <i>Апёнкин Д.Е., Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	44
ОПТИМИЗАЦИЯ МОНТАЖНО-ДЕМОНТАЖНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «СИБИРГИНСКАЯ» <i>Елкина Д.И., Никитина А.М.</i>	47

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПЫЛЬЮ НА УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ «СИБИРГИНСКАЯ» <i>Елкина Д.И., Никитина А.М.</i>	51
МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАЗУПРОЧНЕНИЯ ПОДКРОВЕЛЬНОЙ ПАЧКИ УГЛЯ <i>Михайлов Д.С., Волошин В.А.</i>	55
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ЦЕЛЬЮ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА ЮГЕ КУЗБАССА <i>Панфилов В.Д., Гашикова А.О., Никитина А.М.</i>	59
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМОГО БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА <i>Ворсина А.М., Коновалова О.Ю., Агеев Д.А., Садыков А.А.</i>	64
АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПРОФИЛАКТИКИ И ТУШЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ <i>Коновалова О.Ю., Ворсина А.М., Агеев Д.А., Садыков А.А.</i>	68
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ <i>Курдюков М.О., Самойлова А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	71
КАМНЕПАД И СПОСОБЫ БОРЬБЫ С НИМ <i>Трапезников К.С., Чаплыгин В.В.</i>	73
РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ВЕЛИЧИН ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ <i>Кочетов М.А., Ещенко О.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	76
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ ПОРОД ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ <i>Рузавкина С.А., Сергеев А.С., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	79
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОВЕРКИ ЭМПИРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГОРНО-ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН <i>Мардиев А.В., Самойлова А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	82
ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ НА ГИДРООТВАЛАХ, ПАРАМЕТРОВ ПТС «ОТВАЛ-ГИДРООТВАЛ», ИХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ <i>Смоленцева О.С., Самойлова А.А., Матвеев А.В., Чаплыгин В.В.</i>	85
ПРОТИВОЭРОЗИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ <i>Трапезников К.С., Коновалова О.Ю., Садыков А.А.</i>	87
ОТРАБОТКА ЗАПАСОВ ТОНКИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ГРАНИЦАХ ГОРНОГО ОТВОДА ООО «ШАХТА «ЕСАУЛЬСКАЯ» <i>Панфилов В.Д., Никитина А.М.</i>	91
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ КАРЬЕРА «ЮБИЛЕЙНЫЙ» <i>Панфилов В.Д., Григорьев А.А., Альвинский Я.А., Мананников С.Д., Никитина А.М.</i>	96

АНАЛИЗ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА <i>Тайлаков А.О., Кундро К.А., Риб С.В.</i>	100
МЕТОДЫ БОРЬБЫ С САМОВОЗГОРАНИЕМ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЮГА КУЗБАССА <i>Тайлаков А.О., Кундро К.А., Риб С.В.</i>	105
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ И СПОСОБА ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА <i>Шинтеев И.С., Николаев А.В., Фрянов В.Н.</i>	110
АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТРАБОТКИ СВИТ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ КУЗБАССА <i>Шинтеев И.С., Риб С.В.</i>	113
II ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ	119
СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ С ТРАМВАЙНЫМИ ЛИНИЯМИ <i>Курмаз Д.А., Киселева Т.В.</i>	119
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ КАФЕДРЫ <i>Четвертков Е.В., Кораблина Т.В.</i>	123
ОБЛАЧНЫЕ ХРАНИЛИЩА <i>Котлов А.В., Буинцев В.Н.</i>	127
ОСОБЕННОСТИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ <i>Бычков А.Г., Киселева Т.В., Маслова Е.В.</i>	131
СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ (НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ) <i>Калугин К.П., Грачев А.В.</i>	135
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОЛОГИИ ЛИЧНОСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ТАЙМ-МЕНЕДЖМЕНТА <i>Рожков Р.С., Бабичева Н.Б.</i>	140
ВНЕДРЕНИЕ ЧАТ-БОТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС <i>Кирчева А.С., Мамедов И.В., Бабичева Н.Б., Гусев М.М.</i>	145
РАЗРАБОТКА ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОЙ КОНТАКТОРНОЙ СТАНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ <i>Климов Д.Е., Огнев С.П.</i>	150
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЯДОВ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ <i>Бондаренко А.Д., Киселева Т.В.</i>	154

ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА АРХИВИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ <i>Губанов К.Н., Калашиников С.Н.</i>	158
АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ <i>Спиридонов В.В., Михайлова О.В.</i>	161
КОНЦЕПЦИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ЧЕЛОВЕКА В СООТВЕТСТВИИ С ВЫЯВЛЕННЫМ ТИПАЖОМ МВТИ <i>Рожков Р.С., Бабичева Н.Б.</i>	164
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ РОБОТОВ <i>Аксенов О.Р., Михайлова О.В.</i>	169
АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ RTX-ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ <i>Блинов Р.В., Бычков К.В., Бабичева Н.Б.</i>	173
МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА <i>Гасымов Р.Р., Качалкова К.И., Белавенцева Д.Ю., Рыбенко И.А.</i>	176
АВТОНАЛИВАТОР НАПИТКОВ <i>Шарапов Д.А., Лебедев К.Д., Шулов Н.О., Филимонов В.С., Топкаев С.К., Корнеев П.А., Кулебакин И.И., Корнеев В.А.</i>	181
УЧЕБНЫЙ МАКЕТ КОЗЛОВОГО КРАНА <i>Кваков Н.О., Кузнецов В.К., Корнеев П.А., Кулебакин И.И., Корнеев В.А.</i>	186
АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПРОГРАММНОГО ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ <i>Аксенов О.Р., Михайлова О.В.</i>	188
О ЦЕЛЯХ, ЗАДАЧАХ И ПОКАЗАТЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ И РЕМОНТОМ ОБОРУДОВАНИЯ <i>Прохоров И.М., Зимин А.В.</i>	193
МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА <i>Бычков К.В., Блинов Р.В., Бабичева Н.Б.</i>	198
ПРИМЕРЫ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ <i>Фадеев Р.Н., Кирилина А.Н.</i>	203
УПРАВЛЕНИЕ ДОСТУПОМ К ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ <i>Рыленков Д.А., Калашиников С.Н.</i>	207
РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ <i>Бычков К.В., Блинов Р.В., Бабичева Н.Б.</i>	210

ПОЛУНАТУРНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОТЛАДКИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ <i>Свинцов М.М., Казанцев М.Е., Попов А.С., Загидулин И.Р., Скударнова Н.В., Макаров Г.В.</i>	213
III ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ	219
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Новикова К.И., Павловец В.М.</i>	219
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ <i>Домнин К.И., Павловец В.М.</i>	228
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИЕ КОАГУЛЯЦИОННЫЕ АГРЕГАТЫ <i>Домнин К.И., Павловец В.М.</i>	233
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ КОАГУЛЯЦИОННЫХ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ <i>Домнин К.И., Павловец В.М.</i>	241
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ ИЗ ОТХОДОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ <i>Лопатина А.О., Павловец В.М.</i>	247
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Радиковская Е.С., Павловец В.М.</i>	253
АНАЛИЗ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА МАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ И БРЕКСОВ <i>Елизаркина Ю.Ю., Ячникова О.В., Павловец В.М.</i>	261
РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ В ПЕРИОДЫ ДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ <i>Коноплев Д.Д., Коротков С.Г.</i>	270
СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ <i>Волченкова О.А., Михайличенко Т.А.</i>	275
ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КУЗБАССЕ <i>Гашишкова А.О., Панфилов В.Д., Михайличенко Т.А.</i>	280
ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СТУПЕНЧАТОМ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА <i>Големинов С.П., Михайличенко Т.А.</i>	284

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Гашикова А.О., Панфилов В.Д., Михайличенко Т.А.</i>	288
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОТЕХНИКЕ <i>Бобровников Н.С., Глобина Е.А., Кулаковский А.С., Михайличенко Т.А.</i>	293
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕЛЛЕТ НА МИНИ ТЭС УДАЛЕННЫХ РЕГИОНОВ СИБИРИ <i>Антонюк А.Е., Михайличенко Т.А.</i>	296
ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ СТЕКЛА <i>Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	303
ПРОГНОЗЫ РАСПОЛАГАЕМЫХ ЗАПАСОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ИХ МОЩНОСТИ. ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ ТРАНСПОРТА И ГАЗА <i>Сидонова М.В., Михайличенко Т.А.</i>	306
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ВНЕДРЕНИЮ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА МУСОРА В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ <i>Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	311
ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЕЙ – ПУТЬ К ДЕКАРБОНИЗАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Грибкова Е.О., Водолеев А.С., Баженова Н.Н., Бондарев М.Р., Паутов З.В.</i>	314
ПРОВЕДЕНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА <i>Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Бондарев М.Р., Ванюгин И.В.</i>	322
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ <i>Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.</i>	330
МОНТАЖ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МОКРЫХ ГРАДИРЕН ОТКРЫТОГО ТИПА ЕВРАЗ ЗСМК ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ <i>Челищев А.А., Михайличенко Т.А.</i>	334
МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ НА КОТЕЛЬНЫХ <i>Улитина Г.Н., Михайличенко Т.А.</i>	340
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Улитина Г.Н., Михайличенко Т.А.</i>	345
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И МЕТАЛЛУРГИИ <i>Сидонова М.В., Михайличенко Т.А.</i>	349
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ <i>Антонюк А.Е., Михайличенко Т.А.</i>	354

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Выпуск 27

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Часть II

Под общей редакцией
Технический редактор
Компьютерная верстка

С.В. Коновалова
Г.А. Морина
Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 25.04.2023 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 21,0 Уч.-изд. л. 23,40 Тираж 300 экз. Заказ № 92

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ