

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

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

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЧАСТЬ I

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
12 – 14 мая 2021 г.*

выпуск 25

Под общей редакцией профессора Н.А. Козырева

**Новокузнецк
2021**

ББК 74.48.278
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Козырев Н.А.,
д-р физ.-мат. наук, профессор Громов В.Е.,
д-р техн. наук, профессор Воскресенская Т.П.,
канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Министерство науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. Н. А. Козырева. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2021. – Вып. 25. – Ч. I. Естественные и технические науки. – 313 с. : ил.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Первая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных наук; теории механизмов, машиностроения и транспорта; экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов.

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

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

ПРИЗМАТИЧЕСКИЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ С ВЕКТОРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ ПОЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Клочков М.Ю.¹

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вахнина О.В.²

¹ *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, e-mail: m.klo4koff@yandex.ru*

² *Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: ovahnina@bk.ru*

Для дискретизации инженерных конструкций разработан призматический элемент, совместность которого обеспечивают корректирующие множители Лагранжа, вводимые в середины сторон его оснований. Данный призматический элемент является универсальным с точки зрения моделирования процессов деформирования как тонкостенных, так и массивных инженерных объектов.

Ключевые слова: метод конечных элементов, матрица жесткости, призматический элемент дискретизации, векторная интерполяция.

В настоящее время для моделирования процессов деформирования инженерных объектов и систем в целом используются два основных подхода: конечно-разностный метод, основанный на численном решении систем дифференциальных уравнений высокого порядка в частных производных и метод конечных элементов. Сопоставляя эти два подхода, следует отметить, что метод конечных элементов получил наибольшую популярность вследствие своей универсальности, индифферентности к граничным условиям, видам нагрузки, возможности автоматизации при составлении матрицы жесткости исследуемого объекта из матриц жесткостей отдельных элементов. Поэтому второй подход следует считать наиболее предпочтительным.

Для дискретизации толстостенных инженерных конструкций используются различные виды объемных конечных элементов (рисунок 1).

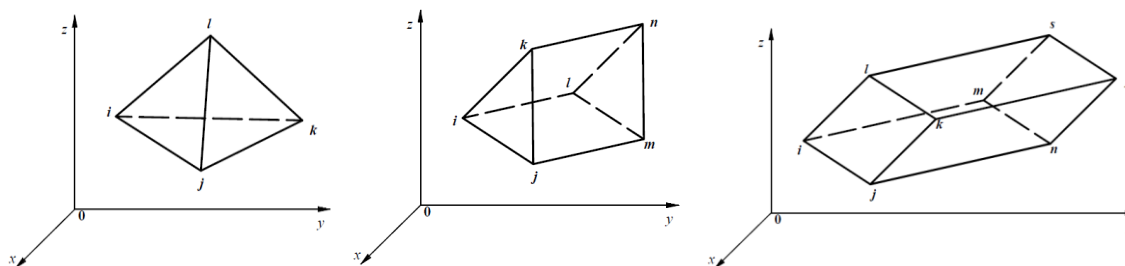


Рисунок 1 – Типы используемых объемных элементов дискретизации

Разработанный призматический элемент дискретизации (рисунок 2) является эффективным для моделирования как тонкостенных, так и массивных тел (рисунок 3). Основными узловыми неизвестными данного элемента выбираются компоненты вектора перемещения и их первые частные производные. Для обеспечения совместности призматического элемента в середины сторон оснований вводятся дополнительные узлы, неизвестными которых являются корректирующие множители Лагранжа (рисунок 1) [1-4].

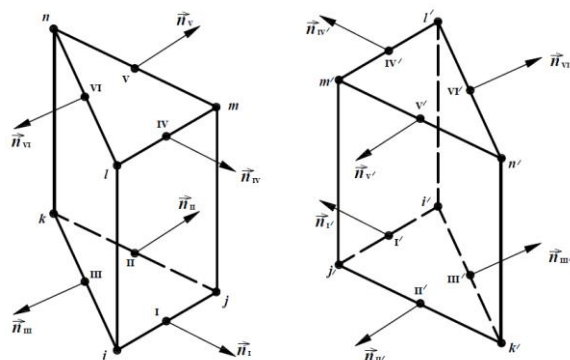


Рисунок 2 – Смежные призматические конечные элементы с корректирующими множителями Лагранжа

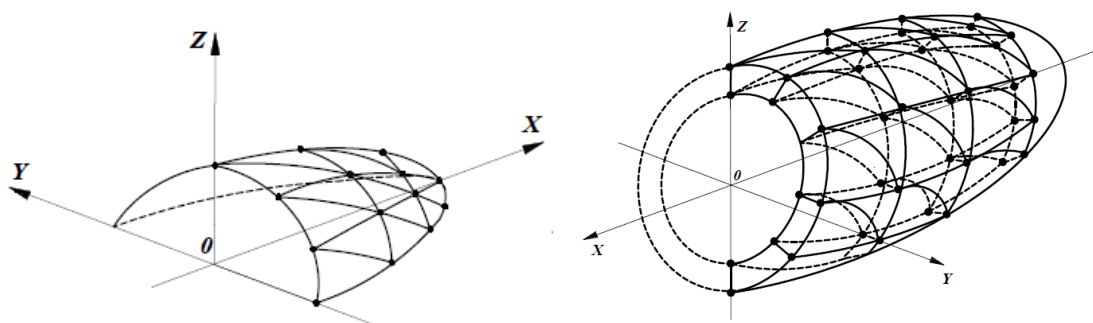


Рисунок 3 – Схемы дискретизации конструкций

При использовании декартовой системы координат в призматическом элементе применялась стандартная интерполяционная процедура отдельных компонент вектора перемещения и множителей Лагранжа как скалярных величин. Однако, в силу криволинейности очертаний многих инженерных объектов, целесообразно использовать криволинейные системы координат. Новые интерполяционные зависимости позволяют выразить компоненты вектора перемещения точки внутренней области конечного элемента через полный набор искомым неизвестных, включающий узловые значения всех компонент векторов перемещений и их производных. Векторная форма интерполяционной процедуры одинаково эффективна как при использовании декартовой системы координат, так и при применении криволинейных систем координат, то есть является инвариантной интерполяционной процедурой, что было подтверждено решением ряда тестовых задач.

При использовании криволинейной системы координат (цилиндриче-

ской, сферической, тороидальной и др.) в методе конечных элементов неизменно возникает проблема учета смещений элемента дискретизации как абсолютного твердого тела. Для решения этой проблемы в неявном виде были разработаны математические модели на основе призматического элемента дискретизации с корректирующими множителями Лагранжа при использовании интерполяционной процедуры компонент вектора перемещения и множителей Лагранжа как составляющих векторных полей. При учете упруго-пластического характера применяемого материала инженерных объектов использовались две теории пластичности: теория пластического течения и деформационная теория пластичности с целью верификации разработанных математических моделей в нелинейной постановке.

Созданные на основе математических моделей программные модули были верифицированы с помощью решения тестовых задач, сравнением полученных результатов с результатами других авторов, аналитическими решениями, соблюдением критериев сходимости полученных численных решений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-41-340005 р_а.

Библиографический список

1. Klochkov Y.V., Nikolaev A.P., Vakhnina O.V. Calculation of rotation shells using finite triangular elements with Lagrange multipliers in variative approximation of displacements // Journal Of Machinery Manufacture And Reliability. 2016. 45 (1). 51-58.

2. Klochkov Y.V., Nikolaev A.P., Vakhnina O.V., Sobolevskaya T.A., Klochkov M.Yu. Improvement of Finite-Elemental Algorithms Calculation of Strength of Meliorative Systems // AIP Conference Proceedings. 28th Russian Conference on Mathematical Modelling in Natural Sciences, RuMoNaS 2019. 2020. С. 080001.

3. Klochkov Yu. V., Nikolaev A. P., Vakhnina O.V., Sobolevskaya T. A., Klochkov M.Yu. Application of finite elements of various dimensions in strength calculations of thin-wall constructions of agro-industrial complex // BIO Web of Conferences. 17 (2020) 00200.

4. Klochkov Yu.V., Nikolaev A.P., Sobolevskaya T.A., Vakhnina O.V., Klochkov M.Yu. The calculation of the ellipsoidal shell based FEM with vector interpolation of displacements when the variable parameterisation of the middle surface. Lobachevskii Journal of Mathematics. 2020. 41 (3), 373-381.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Кадина Е.Н.

Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Кадина И.В.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: kadina.irina.78@mail.ru*

В статье рассматривается приложение теории комплексных чисел к решению практических задач. Представлены теоретические положения и приведен пример решения конкретной задачи.

Ключевые слова: комплексные числа, комплекснозначная функция, значение переменного тока, комплексная амплитуда тока, цепи постоянного тока, электрические цепи, синусоидальный ток.

Комплексные числа – один из наиболее подходящих разделов курса математического анализа для реализации профессиональной направленности бакалавров по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника». Применение комплексных чисел дает возможность использовать законы, формулы и методы расчетов, применяющиеся в цепях постоянного тока, для расчета цепей переменного тока, упростить некоторые расчеты, заменив графическое решение с использованием векторов алгебраическим решением, рассчитывать сложные цепи, которые другим путем решить нельзя, упростить расчеты цепей постоянного и переменного токов.

Помимо этого, очень важно научить строить кривую и вектор по уравнению синусоиды, вектор по комплексному числу, определять комплексное число по вектору и уравнению, уравнение по комплексному числу.

Синусоидальный ток $i = I_m \sin(\omega t + \psi)$ (рисунок 1) можно рассматривать как мнимую часть комплекснозначной функции $I_m e^{i(\omega t + \psi)}$, т.е. $i = \text{Im}(I_m e^{i(\omega t + \psi)})$. Поэтому его представляют проекцией вращающегося вектора $I_m e^{i(\omega t + \psi)}$ на мнимую ось j в момент времени $t = 0$ (рисунок 2).

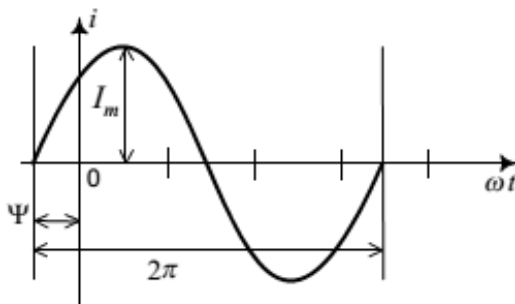


Рисунок 1 - Синусоидальный ток

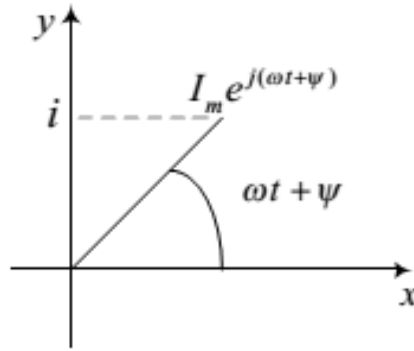


Рисунок 2 - Проекция вращающегося вектора

Именно таким образом получают так называемую *векторную диаграмму*, представляющую собой изображение на комплексной плоскости синусоидально изменяющихся во времени векторов одной и той же частоты, построенных с соблюдением правильной ориентации их относительно друг друга [4].

Из условия равенства тепловых эффектов переменного и постоянного токов определяется понятие действующего значения.

Пусть через некоторый участок электрической цепи с сопротивлением r протекает переменный ток $i = i(t)$. Тогда, по закону Джоуля - Ленца, на этом участке за время T , соответствующее периоду тока i , будет выделено

количество тепла, равное $Q = \int_0^T i^2(t)r dt$. Обозначим через I некоторый постоянный ток, при протекании которого по тому же участку цепи за время T выделится такое же количество тепла. Тогда с учетом того, что $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$,

$$\text{получим: } I^2 r T = \int_0^T i^2(t)r dt, \text{ откуда } I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (I_m \sin(\omega t + \psi_i))^2 dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Величина постоянного тока, эквивалентного переменному току по количеству выделяемого тепла, называется *действующим значением переменного тока*. Аналогично вводятся действующие значения для напряжения

$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ и электродвижущей силы (ЭДС) $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$. Если полученное равенство

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ умножить на $e^{j\psi}$, получим так называемый *комплекс действующего значения тока*, или *комплексный ток*: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{e^{j\psi} I_m}{\sqrt{2}} = I e^{j\psi}$.

При этом выражение $I_m = I_m e^{j\psi}$ называют *комплексной амплитудой* тока i и изображают на комплексной плоскости в момент времени $t = 0$.

Если два тока имеют одинаковую частоту, их можно сложить, изобразив векторами на комплексной плоскости. Таким образом, если

$i_1 = I_m' \sin(\omega t + \psi_1)$, $i_2 = I_m'' \sin(\omega t + \psi_2)$, то, по правилу параллелограмма, $i = i_1 + i_2 = I_m \sin(\omega t + \psi)$. При этом амплитуда I_m будет равна длине вектора I_m , а фаза ψ будет представлять собой угол между этим вектором и действительной осью. Итоговая векторная диаграмма изображена на рисунке 3 [2].

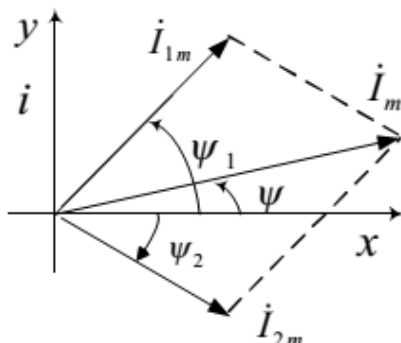


Рисунок 3 - Векторная диаграмма

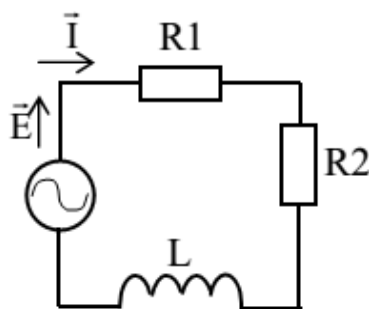


Рисунок 4 - Колебательный контур

Рассмотрим практическую задачу.

Дан колебательный контур (рисунок 4), для которого известны ЭДС $e = 141 \sin(\omega t) \text{ В}$, сопротивления $R1 = 3 \text{ Ом}$, $R2 = 2 \text{ Ом}$, индуктивность $L = 0,00955 \text{ Гн}$, частота $\omega = 314 \text{ с}^{-1}$. Определить комплекс действующего значения ЭДС, тока и напряжения на элементах цепи.

По второму закону Кирхгофа, $U_{R1} + U_{R2} + U_L = e$. Следовательно, $(R1 + R2)i + L \frac{di}{dt} = e$. Тогда уравнение в комплексах будет иметь вид:

$(R1 + R2)\dot{i} + jL\omega\dot{i} = \dot{E}$, откуда $\dot{i} = \frac{\dot{E}}{R1 + R2 + jL\omega}$, где Z – комплексное сопротивление, равное $Z = R1 + R2 + jL\omega = 3 + 2 + j \cdot 0,00955 \cdot 314 \approx 5 + 3j$.

Найдем модуль и аргумент комплексного числа Z : $|Z| = \sqrt{5^2 + 3^2} = \sqrt{34} \approx 5,82$; $\arg Z = \arctg \frac{3}{5} \approx 31^\circ$. Окончательно имеем:

$Z = 5,82e^{-j31^\circ}$. Тогда комплексы действующего значения ЭДС,

действующего значения тока и комплексы напряжений на элементах цепи равны соответственно:

$$\dot{E} = \frac{\dot{E}_m}{\sqrt{2}} = \frac{141}{\sqrt{2}} \approx 99,7 \text{ В}; \quad \dot{i} = \frac{\dot{E}}{Z} = \frac{99,7}{5,82e^{-j31^0}} = 17,13e^{-j31^0} \text{ А};$$

$$\dot{U}_{R_1} = \dot{i} R_1 = 51,39e^{-j31^0} \text{ В}; \quad \dot{U}_{R_2} = \dot{i} R_2 = 34,26e^{-j31^0} \text{ В};$$

$$\dot{U}_L = jL\omega \dot{i} = j \cdot 0,00955 \cdot 314 \cdot 17,13e^{-j31^0} = 51,37e^{j59^0} \text{ В}.$$

Векторная диаграмма изображена на рисунке 5.

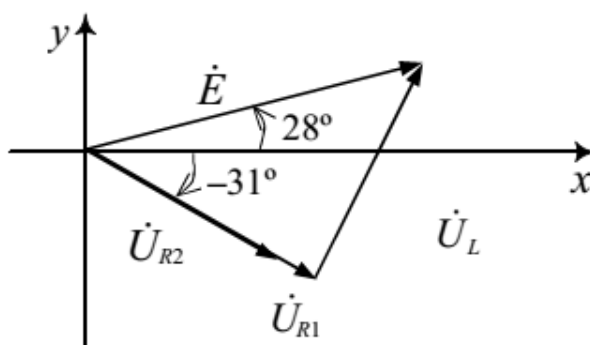


Рисунок 5 - Векторная диаграмма

Библиографический список

1. Андреева, И.М. Комплексные числа и их применение в электротехнике / И.М. Андреева, Н.Д. Василевич, Л.А. Хвощинская. – Мн.: БГАТУ, 2002. – 30с.
2. Быстров, Ю.А. Электронные цепи и микросхмотематика: учебник / Ю.А. Быстров, И.Г. Мироненко. – М.: Высш. Шк., 2004. – 384с.
3. Комарова Е.А., Авдеева А.Е., Аршинова А.Е. Математика в промышленности // В сборнике: Наука и молодежь: новые идеи и решения. Материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. 2019. С. 278-280
4. Мазинова Л.Э., Попова С.В. Применение комплексных чисел в электротехнике // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-1.; URL: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=18217> (дата обращения: 11.03.2021).
5. Смирнов, В.И. Курс высшей математики. Том 1-3: учебник / В.И. Смирнов – С.-Пет.: БХВ-Петербург, 2008. – 564с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЭКОНОМИКИ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Вартанян Д.К.

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

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

В статье рассматриваются роль и функции экономической науки, ее взаимодействие с таким разделом математики, как математическая статистика. На конкретном примере показано, как математическая статистика помогает экономической науке реализовывать ее прогностическую функцию.

Ключевые слова: экономика, математическая статистика, статистические данные, социально-экономические индикаторы, уровень жизни.

С самых древних времен люди стали использовать математику [1]. Вначале, например, возникли натуральные числа для подсчета животных и окружающих предметов. С течением времени математический аппарат все усложнялся, и от математики отделялись отдельные отрасли, которые впоследствии становились самостоятельными науками. Одной из таких отраслей является экономика.

Экономическая наука – наука о хозяйстве, управлении хозяйством, отношениях между людьми, а также людьми и окружающей средой, возникающими в процессе производства, распределения, обмена, потребления продукта, благ, услуг.

В качестве отрасли человеческих знаний экономика представляет собой отдельную науку. Она сформировалась как самостоятельная наука в XIX веке. Именно в этот период бурно развивались рыночные отношения. Прогресс науки и техники активизировал деятельность людей и вывел человеческие отношения на новый уровень. Поэтому для изучения закономерностей развития производства и определения его влияния на развитие человеческого общества требовалось тщательное изучение самого производства и закономерностей развития рынка.

Среди отраслей экономической науки наибольшие возможности и, исходя из этого, особые претензии на глубинное исследование социально-экономических явлений и их философское осмысление имеет экономическая теория. Тем не менее, в условиях рыночной системы экономическая теория замкнулась в кругу сугубо экономических проблем. Традиционное понимание политической экономии все больше стало отдаляться от подходов, имеющих в реальной действительности, и все явственнее выразилась ограниченность экономической теории.

Уже со второй половины прошлого столетия термин «политическая

экономия» на Западе стал выходить из «моды» и был заменен «экономиксом». Это была не просто подмена одного названия научной дисциплины другим.

Политическая экономия А. Смита и Д. Рикардо представляла собой науку о классовых отношениях в буржуазном обществе. Центральной проблемой в ней выступал вопрос распределения доходов. Последователи Рикардо позже стремились смягчить социальную остроту этой науки. Появлялись концепции, которыми путем отрицания теории трудовой стоимости, предпринимались попытки освобождения политэкономии от социальной нагрузки. В течение всего 20-го столетия большинство западных экономистов развивали экономическое мышление с учетом этого принципа. Явное социальное острие экономической науки постепенно притуплялось, его первоначальное назначение претерпевало изменение, но, к тому же, объектом ее исследования становились новые интересные проблемы.

Роль экономики в жизни общества можно продемонстрировать через влияние экономики на остальные сферы жизни общества:

- 1) Обеспечивает производство материальных благ.
- 2) Экономика определяет социальную структуру общества.
- 3) Экономические отношения влияют на политическую сферу.
- 4) Экономическая сфера создаёт необходимые материальные условия для развития духовной жизни общества.

Теперь о функциях экономической науки:

- 1) Познавательная функция.
- 2) Практическая функция.
- 3) Прогностическая функция.
- 4) Воспитательная функция.
- 5) Идеологическая функция.
- 6) Методологическая функция.

Основные проблемы экономики как науки:

Первая проблема – это проблема предмета исследования экономической науки, и она относится непосредственно к той сфере общественной жизни, которую и исследует экономическая наука. Теория и практика применяют здесь довольно разветвленный диапазон терминов относительно деятельности: экономическая; предпринимательская; коммерческая; финансовая; банковская; ростовщическая; кооперативная; акционерная и др., а также менеджмент хотя он является видом управленческой деятельности.

Более подробно рассмотрим прогностическую функцию экономической науки, ведь она больше всего связана с таким разделом математики как математическая статистика [2-7].

Экономические отделы и не только всех организаций на протяжении всего календарного года сдают множество отчетов. Используя сведения из отчетов, Федеральная служба государственной статистики РФ делает сводные таблицы по различным показателям жизнедеятельности населения

нашей страны [8]. Не малая доля этих показателей приходится на экономические. По таблицам Росстата очень хорошо можно проследить динамику развития нашей страны во всех областях, а используя аппарат математической статистики дать прогноз на ближайшие годы.

В качестве примера рассмотрим данные об основных социально-экономических индикаторах уровня жизни населения Волгоградской области (таблица 1). Данные сведения были взяты с официального сайта Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области <https://volgastat.gks.ru>.

Таблица 1 - Основные социально-экономические индикаторы уровня жизни населения Волгоградской области

Год	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Среднедушевые денежные доходы (в месяц), рублей	12530,7	13774,8	14519,4	16010,6	18067,2	19387,5	22103,4	21419,4	22037,2	22813,0	24158,5
Величина прожиточного минимума (в среднем на душу населения в месяц), рублей	4647,8	5368,3	5900,8	6133,3	6738,5	7487,3	8889,0	8991,3	9096,0	9145,5	9686,0
Численность населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума, в % от общей численности населения	12,8	14,0	15,1	13,6	13,0	13,6	14,2	14,4	13,6	13,4	12,9

Из таблицы видно, что за прошедшие одиннадцать лет среднедушевые денежные доходы населения выросли в два раза. Однако, величина прожиточного минимума тоже возросла в два раза. Поэтому процент населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума остается практически неизменными, лишь претерпевает незначительные колебания в пределах 2 %. На основании этого можно сделать вывод, что для снижения процента малообеспеченного населения необходимо увеличение средней заработной платы по региону и стране и снижение темпов инфляции.

На основе всего вышесказанного, еще раз отметим, что математическая статистика, как ветвь математики, очень тесно взаимосвязана с экономикой. Поэтому изучение высшей математики, статистики и других около

математических дисциплин необходимо для студентов экономических специальностей ВУЗов и колледжей [9, 10].

Библиографический список

1. Решетников, А.А. Число π как неотъемлемая часть естественных наук [Текст] / А.А. Решетников, Т.А. Соболевская // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. - Майский, 2020. - С. 184.

2. Соболевская, Т.А. Роль математики и математической статистики в процессе гармоничного развития личности студента [Текст] / Т.А. Соболевская // Ценностно-гуманитарная парадигма формирования нового поколения специалистов в условиях развития цифровой среды: Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоградский ГАУ. - Волгоград, 2019. - С. 328-332.

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

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

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

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

7. Ковальчук, Л.В. Тригонометрия и ее приложение в геодезии [Текст] / Л.В. Ковальчук, Т.А. Соболевская // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. - Майский, 2020. - С. 181.

8. Корбакова, Т.С. Статистический анализ динамики продолжительно-

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

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

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

УДК 538.913

МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ

Гостевская А.Н.

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, доцент Маркидонов А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lokon1296@mail.ru*

В данной статье предлагается теоретическое исследование анализа лазерной абляции методом моделирования молекулярной динамики. Показано, что молекулярно-динамическое моделирование позволяет наблюдать удаление верхних слоев атомов металлов.

Ключевые слова: молекулярно-динамическое моделирование, лазерная абляция, десорбция.

Физика режимов абляции и десорбции, присущих лазерному облучению металлов, широко моделируется при помощи способа молекулярной динамики [1, 2]. По отношению к твердым телам молекулярная динамика имеет отличие десорбции от режима абляций, пояснение присутствия порога плотности энергии для абляции, поясняется положение кластеров в шлейфе, размещение частиц по скоростям (радиальной и осевой) и пояснить зависимость абляции. от характеристик лазера (плотность энергии, длительность импульса).

Молекулярно-динамическое моделирование указывает, что в режиме малой плотности энергии лазерного излучения вывода выпущенных молекул в зависимости от плотности энергии представляется уравнением Аррениуса

(1), так же как в зоне истинной абляции аналитическое уравнение описывается экспоненциальным затуханием интенсивности лазерного луча, устанавливаемым законом Бера, предсказываемый существование порогового флюенса для достижения критической плотности энергии в поверхностном слое. [3]. Выброс молекул и кластеров в этом режиме объясняется взрывным испарением перегретого материала.

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (1)$$

где k – константа скорости;

T – абсолютная температура, в кельвинах;

R – молекулярная постоянная;

E_a – энергия активации;

A – предэкспоненциальный множитель, показывающие общее число столкновений.

Ионные кристаллы, такие как CaF_2 , с полированными и сколотыми (111) поверхностями также показывают пороговую плотность энергии в экспериментах по разрушению одноимпульсным лазером [4], но в то время как полированные кристаллы демонстрируют четко выраженное начало плазмы при 10 Дж/см^{-2} , пороговое значение разброса поверхностей скола в диапазоне $20 - 40 \text{ Дж/см}^2$. Хотя механизм разрушения идентичен для обоих случаев, различное поведение объясняется более высоким уровнем дефектов сколотой поверхности, что приводит к увеличению поглощенной энергии, способствуя плавлению на верхних краях ступенек поверхности. Для объяснения этих наблюдений была использована простая модель, которая предполагает повышенное поглощение вблизи поверхности и независимый от флюенса параметр дислокации с высокой плотностью.

Сверхбыстрая лазерная абляция, то есть удаление вещества с твердых поверхностей или объема, облученное ультракоротким лазерным импульсом, представляет большой фундаментальный и практический интерес, мотивирующий как экспериментальные, так и теоретические исследования [5 – 9]. Эксперименты показали, что при ультракоротком облучении может быть достигнута лучшая управляемость и точность модификации материала по сравнению с более длинными импульсами [10, 11]. Мониторинг переходного поведения, фемтосекундная абляция привел к таким новым наблюдениям, как, например, Кольца Ньютона в экспериментах «накачка – зонд» [12]. С теоретической точки зрения сверхкороткое время возбуждения позволяет разделить вовлеченные процессы, такие как возбуждение, плавление и удаление материала. Кроме того, субпикосекундная лазерная абляция открывает интересные возможности для исследования оптических и термодинамических свойств вещества с температурой электронов, заметно превышающей температуру кристаллической решетки.

Для получения высококачественной поверхности лазерной резки тре-

буется базовое понимание основных процессов; однако наблюдения за лазерной резкой ограничены чрезвычайно короткими периодами времени. Кроме того, этот процесс включает сложные взаимодействия между различными фазами. В этом исследовании авторы использовали численное моделирование, чтобы наблюдать переходные явления, связанные с лазерной резкой и абляцией [13 – 17].

Структурные изменения, индуцированные лазером, происходят в чрезвычайно короткие сроки, попадая где-то между циклами собственных колебаний атома или молекулы и несколькими пикосекундами. Эти изменения вызваны сложной комбинацией процессов, включая передачу световой энергии, динамику носителей, нагрев и механические процессы. В результате фундаментальные механизмы, лежащие в основе лазерной абляции, до сих пор не выяснены полностью, что препятствует дальнейшему развитию этой технологии для производства [17 – 20]. В этом исследовании [20] авторы применили молекулярную динамику в микроскопическом масштабе для изучения структурных метаморфоз, вызванных светом, теплом и механическими процессами. В работе [20] авторами, было использовано моделирование для проведения качественного исследования взаимодействия между лазерами и металлическими мишенями с последующей экспериментальной проверкой полученных результатов.

Выводы: На сегодняшний день существуют теоретические методы, которые базируются на построения тепловых моделей [21], анализе баланса энергии излучения лазера [22], что дает возможность оценить воздействие лазерной абляции на поверхностное строение металла. В ходе проведения литературного анализа было установлено, что метод молекулярно-динамического моделирования позволяет совместить теоретические прогнозы в области физики лазерной абляции и сопоставить их с экспериментально полученными данными.

Библиографический список

1. Zhigilei, L. V. Molecular dynamics model for laser ablation and desorption of organic solids / L. V. Zhigilei; P. B. S. Kodali, B. J. Garrison // *The Journal of Physical Chemistry B.* – 1997. – Vol. 101, №11. – Pp. 2028 – 2037.
2. Tabetah, M. The minimum amount of "matrix" needed for matrix-assisted pulsed laser deposition of biomolecules / M. Tabetah, A. Matei, C. Constantinescu [et al.] // *The Journal of Physical Chemistry B.* – 2014. – Vol. 118. – Pp. 13290 – 13299.
3. Zhigilei, L. V. Molecular dynamics simulations of matrix-assisted laser desorption-connections to experiment / L. V. Zhigilei, Y. G. Yingling, T. E. Itina [et al.] // *International Journal of Mass Spectrometry.* – 2003. – Vol. 226, №1. – Pp. 85 – 106.
4. Zhigilei, L. V. Microscopic mechanisms of laser ablation of organic solids in the thermal and stress confinement irradiation regimes / L. V. Zhigilei, B. J.

Garrison // Journal of applied physics. – 200. – Vol. 88, №3. – Pp. 1281 – 1298.

5. Song, C. Molecular dynamics simulation of linear friction welding between dissimilar Ti-based alloys / C. Song, T. Lin, P. He et al. // Computational Materials Science. – 2014. – Vol. 83. – Pp. 35 – 38. USL.: <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2013.11.013>.

6. Anisimov, S. I. Selected problems of laser ablation theory / S. I. Anisimov, B. S. Luk'yanchuk // Physics-Uspekhi – 2007. – Vol.45. – P. 293.

7. Bauerle, D. Laser Processing and Chemistry / D. Bauerle. – Luxembourg : springer science business media, 2011. – 851 p.

8. Vogel, A. Mechanisms of femtosecond laser nanosurgery of cells and tissues / A. Vogel, J. Noack, G. Huttman, G. Paltauf. // Applied Physics B. – 2005. – Vol. 81. – Pp. 1015 – 1047

9. Balling, P. Femtosecond-laser ablation dynamics of dielectrics: basics and applications for thin films / P. Balling, J. Schou. // Reports on Progress in Physics. – 2013. – Vol. 76, №3. – P. 36502

10. Chichkov, B. N. Femtosecond, picosecond and nanosecond laser ablation of solids / B. N. Chichkov, C. Momma, S. Nolte [et al.] // Applied Physics A. – 1996. – Vol. 63. – Pp. 109 – 115.

11. Sokolowski-Tinten, K. Transient States of Matter during Short Pulse Laser Ablation / K. Sokolowski-Tinten, J. Bialkowski, A. Cavalleri [et al.] // Physical Review Letters. – 1998. – Vol. 81. – P. 224

12. Yoo, J. H. Explosive change in crater properties during high power nanosecond laser ablation of silicon / J. H. Yoo, R. E. Russo, S. H. Jeong, R. Greif. // Journal of applied physics. – 2000. – Vol. 88, №3. – Pp. 1638 – 1649.

13. Gogoll, S. Laser damage of CaF₂(111) surfaces at 248 nm / S. Gogoll, E. Stenzel, M. Reichling [et al.] // Applied surface science. – 1996. – Vol. 96 – 98. – Pp. 332 – 340

14. Imamova, S. E. Molecular dynamics simulation using pair and many body interatomic potentials: ultrashort laser ablation of Fe / S.E. Imamova, P.A. Atanasov, N.N. Nedialkov [et al.] // Nuclear instruments and methods in physics research section b: beam interactions with materials and atoms. – 2005. – Vol. 227, №4. – Pp. 490 – 498.

15. Lai, H. Y. Laser-irradiated thermodynamic behaviors of spallation and recombination at solid-state interface / H. Y. Lai, P.-H. Huang // Applied surface science. – 2008. – Vol. 254, №13. – Pp. 3067 – 3073.

16. Nedialkov, N. N. Molecular dynamics simulation study of deep hole drilling in iron by ultrashort laser pulses / N. N. Nedialkov, P. A. Atanasov. // Applied Surface Science – 2006. – Vol. 252. – Pp. 4411 – 4415.

17. Lai, H. Y. Molecular Dynamics Analyses of the Femtosecond Laser-induced Grain Boundary Spallation / H.Y. Lai, P.-H. Huang, J. Chin // Chinese Institute of Engineers. – 2007. – Vol. 28. – Pp. 577 – 583

18. Nedialkov, N. Ablation of metals by ultrashort laser pulses / N. Nedialkov, P. Atanasov, S. Imamova // Institute of Physics and IOP Publishing Limited –

2004. – Vol. 37, №4. – Pp. 638 – 643

19. Lai, H. Y. Atomistic simulations of spallation dynamics in multilayer thin-film interface excited by femtosecond laser / H. Y. Lai, P.-H. Huang // Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 2008. – Vol. 41, №4. – Pp. 498-507

20. Gong, X. G. Molecular Dynamics Simulation of Pulsed Laser Ablation / X. G. Gong, G. Yang, P. Li // International journal of modern physics B. – 2011. – Vol. 25, №4. – Pp. 543 – 550

21. Willis, D. A. The effect of melting-induced volumetric expansion on initiation of laser-induced forward transfer / D. A. Willis, V Grosu. // Applied Surface Science. – 2007. – Vol. 253, №10. – Pp. 4759 – 4763.

22. Fardel R. Energy Balance in a Laser-Induced Forward Transfer Process Studied by Shadowgraphy / R Fardel, M Nagel, F Nuesch // Journal of Physical Chemistry C. – 2009. – Vol. 113. – Pp. 11628 – 11633.

УДК: 519.25

ПРОБЛЕМА ВЫРУБКИ ЛЕСОВ В РОССИИ И ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Келу Г.Г.

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

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

В статье рассматривается проблема вырубки лесов в Российской Федерации. Приводятся официальные данные Росстата за предыдущие четыре года о воспроизводстве лесов. Средствами математической статистики проводится оценка динамики восстановления лесов в России. Делается вывод, и предлагаются меры для улучшения ситуации с лесами.

Ключевые слова: лес, вырубка леса, климат, статистические данные, математическая статистика.

Несмотря на динамично меняющийся мир в своей практической деятельности люди обычно хотят, чтобы их действия приносили полезный, стабильный и предсказуемый результат. Достаточно редко жизненные процессы можно описать точными математическими формулами [1, 2] и предсказать точный результат, поэтому для выделения закономерностей и была создана математическая статистика - наука, разрабатывающая математические методы систематизации и использования статистических данных для научных и практических выводов [3, 4].

В данной работе рассмотрим, как математические методы нашли свое применение в экологии [5-10]. В частности, исследуем динамику воспроиз-

водства лесов в Российской Федерации методами математической статистики.

Вырубка лесов - это совокупность явлений антропогенного или естественного происхождения, заключающаяся в устойчивом сокращении площадей, покрытых лесами.

С начала XXI века в России наблюдается рост вырубки лесов, вызванный незаконными рубками, лесными пожарами и торфяными болотами. Данный факт создает большую и серьезную проблему не только для России, поскольку леса составляют 70% территории страны, но и для всего мира, потому что российские леса составляют 22% мировых лесов. Это обезлесение вызывает глобальное потепление, которое является повторяющейся проблемой, наблюдаемой в течение последних десяти лет, а также исчезновение определенных видов животных, которые играют очень важную роль в лесной экосистеме.

Существует проблема нелегальной вырубки деревьев. Ежегодно в результате незаконной деятельности уничтожается много гектаров леса. Все это большая потеря для России и мира. Необходимо серьезно относиться к данным проблемам, поскольку это может привести нас к точке невозврата.

Тайга, представляющая собой треть мировых лесов с площадью 15100000 кв.км., играет очень важную роль в планетарном балансе. Согласно исследованиям, проведенным Гринпис, половина мирового углерода хранится на Земле, в зоне вечной мерзлоты, из которых две трети находятся в России. Считается, что таежные леса - лучшая защита нашей планеты. Но этот углерод, который сохраняет лес, рискует исчезнуть при обезлесении.

Кроме того, согласно текущим прогнозам, в течение столетия, если не будут приняты серьезные меры, планета нагреется на три-четыре градуса, а температура в северных регионах повысится на 8-12 градусов, и 90% вечной мерзлоты растает, выбрасывая углерод в атмосферу.

Международная экспертиза признала статистические данные Федеральной службы государственной статистики надежными, поэтому в таблице 1 приведены статистические данные Федеральной службы государственной статистики, взяты с официального сайта <https://rosstat.gov.ru>.

Таблица 1 - Воспроизводство лесов в Российской Федерации

Год	2017	2018	2019	2020
Всего, тысяч гектаров	961,8	940,4	1067,5	1133,7
из него искусственное лесовосстановление (создание лесных культур), тысяч гектаров	176,6	171,8	176,8	201,5

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

	x	y	xy	x ²	y ²
	2017	961,8	1939950,6	4068289	925059,24
	2018	940,4	1897727,2	4072324	884352,16
	2019	1067,5	2155282,5	4076361	1139556,25
	2020	1133,7	2290074	4080400	1285275,69
Сумма	8074	4103,4	8283034,30	16297374,00	4234243,34
Среднее	2018,5	1025,85	2070758,575	4074343,50	1058560,84

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

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

Делаем вывод, что линейная связь между переменными прямая, средняя. Коэффициент детерминации: $R^2 = r_{xy}^2 \approx 0,83$. Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения линейной регрессионной модели и ее использовании для прогнозирования площадей воспроизводства лесов в Российской Федерации.

Для большей наглядности динамики воспроизводства лесов в России построим график.

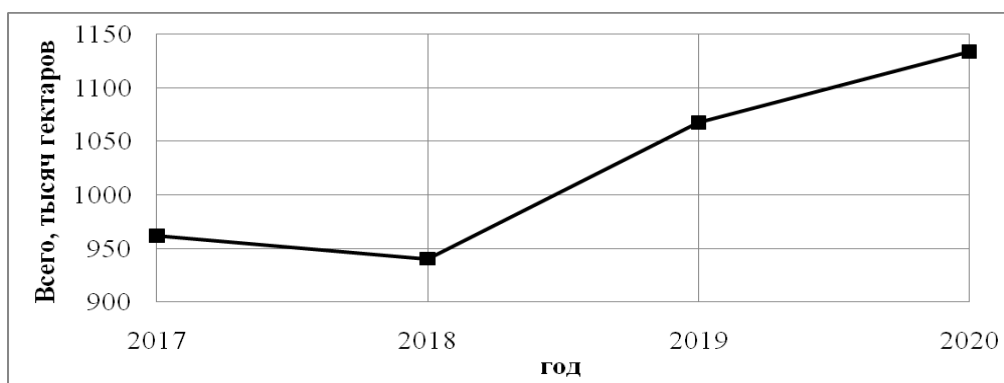


Рисунок 1 – Воспроизводство лесов по годам (тысяч гектаров)

Будущее лесов во многом зависит от лиц, принимающих политические решения. В частности, необходимо усиления большего количества законов и строгих реформ, касающихся вырубке лесов, создание крупной программы повышения осведомленности окружающего населения, интегрированной в школьную систему в качестве обязательного предмета окружающей среды, потому что наша молодежь должна быть сознательным поколением. Что касается лесных пожаров, то государство должно увеличить годовой бюджет на предупреждение лесных пожаров, обучение лесных пожарных, повышение

их заработной платы и улучшения условий труда, чтобы эффективно противостоять лесным пожарам, которые в настоящее время происходят все чаще. Необходимо создание дополнительных рабочих мест в области защиты лесов, создание новых парков и увеличение количества лесных территорий, строго закрытых для доступа, включение населения территорий, пострадавших от обезлесения, в систему лесовосстановления.

Мировое сообщество рассчитывает на Россию на климатическом уровне, и это во многом это зависит от защиты лесов.

Библиографический список

1. Ковальчук, Л.В. Тригонометрия и ее приложение в геодезии [Текст] / Л.В. Ковальчук, Т.А. Соболевская // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. - Майский, 2020. - С. 181.

2. Решетников, А.А. Число π как неотъемлемая часть естественных наук [Текст] / А.А. Решетников, Т.А. Соболевская // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. - Майский, 2020. - С. 184.

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

4. Соболевская, Т.А. Роль математики и математической статистики в процессе гармоничного развития личности студента [Текст] / Т.А. Соболевская // Ценностно-гуманитарная парадигма формирования нового поколения специалистов в условиях развития цифровой среды: Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоградский ГАУ. - Волгоград, 2019. - С. 328-332.

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

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

7. Антонян, А.В. Применение математических методов для оптимиза-

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

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

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

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

УДК 159.947.5

ЗАДАЧИ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Литвиненко Д.В.

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

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: Litvinenko.Darya2002@yandex.ru, ovahnina@bk.ru*

Во всем мире увеличивается интерес к статистике. В нашем государстве представленная тема исключительно актуальна в связи с развитием экономики рыночных отношений, осуществлением социально-экономических реформ, затрагивающих интересы всех слоев общества. Статистика играет значительную роль в механизме управления экономикой. Она осуществляет сбор, научную обработку, обобщение и анализ информации, характеризующей развитие экономики страны, ее культуры и уровня жизни населения. На примере рассмотрено решение задачи экономико-статистического анализа методом скользящей взвешенной средней.

Ключевые слова: математика, анализ, статистика, экономика, метод взвешенной скользящей средней.

В современном мире статистический анализ финансовых сведений как

главный аналитический механизм научного исследования формируется на применении классических и многомерных статистических методов с целью адекватного отражения исследуемых явлений и процессов, а также выявления функционирующих в них закономерностей [1-3].

Полное изучение экономического развития конкретной сферы деятельности невозможно без участия детального анализа тенденций развития компаний. В данном плане изучение статистических показателей, характеризующих то или иное производство, опирающееся на применение информационных технологий и экономико-математических методов, моделей, дает возможность не только оценить единую картину развития, но и позволяет определить основные связи показателей и направления их взаимного влияния. В свою очередь, на основе созданных моделей возможно делать математически обоснованные заключения, а также прогнозы предстоящего развития [4].

Экономико-статистический анализ – это разработка методики, основанной на широком применении традиционных статистических и математико-статистических методов, с целью контроля адекватного отражения исследуемых явлений и процессов.

Задачами статистического анализа являются: определение и оценка специфики и особенностей изучаемых явлений и процессов, изучение их структуры, взаимосвязей и закономерностей их развития.

В качестве этапов статистического анализа выделяются: 1) формулировка цели анализа; 2) критическая оценка данных; 3) сравнительная оценка и обеспечение сопоставимости данных; 4) формирование обобщающих показателей; 5) фиксация и обоснование существенных свойств, особенностей, сходств и различий, связей и закономерностей изучаемых явлений и процессов; 6) формулировка заключений, выводов и практических предложений о резервах и перспективах развития изучаемого явления.

Экономико-статистические методы включают обширный арсенал различных количественных средств. Наиболее часто на практике применяется метод взвешенной скользящей средней (экспоненциального сглаживания) – метод математического преобразования, используемый при прогнозировании временных рядов. При расчете средней величины продаж за ретроспективный промежуток в модель вводятся весовые коэффициенты, отражающие меру воздействия разных факторов. Этот подход может использоваться в случае, если при расчете предполагаемого объема продаж следует учесть не только фактические сведения о продажах за предыдущий период, но и итоги прежнего прогноза на данный период. Тогда фактическим продажам за определенный период и прогнозу за этот же период присваиваются весовые коэффициенты, дающие в сумме единицу [5]. Наиболее верные итоги прогноза продаж достигаются в тех случаях, если фактическая величина продаж рассматривается в сравнении с предсказуемой

прежде.

Пример: Рассмотрим методику расчета экспоненциального скользящего среднего на примере данных о цене акций компании *N* за последние пятнадцать периодов, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Методика расчета экспоненциального скользящего среднего значение

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>P</i>	5,3	6,7	7,9	7,1	5,2	4,1	3,5	5,4	7,3	9,4	8	6,6	7,9	9,2	7,6
<i>EMA</i>	-	-	-	6,8	6,1	5,3	4,6	4,9	5,9	7,3	7,6	7,2	7,5	8,2	7,9

Предположим, что интервал сглаживания равен 4. В этом случае коэффициент α будет равен:

$$\alpha = \frac{2}{4 + 1} = 0,4.$$

В качестве первоначального значения экспоненциального скользящего среднего используем простое скользящее среднее с интервалом сглаживания 4, которое составляет:

$$EMA_1 = \frac{7,1 + 7,9 + 6,7 + 5,3}{4} = 6,8.$$

Следующее значение составит:

$$EMA_2 = 0,4 \cdot 5,2 + (1 - 0,4) \cdot 6,8 = 6,1.$$

Последующие значения рассчитываются аналогичным образом и графически представлены на рисунке 1.

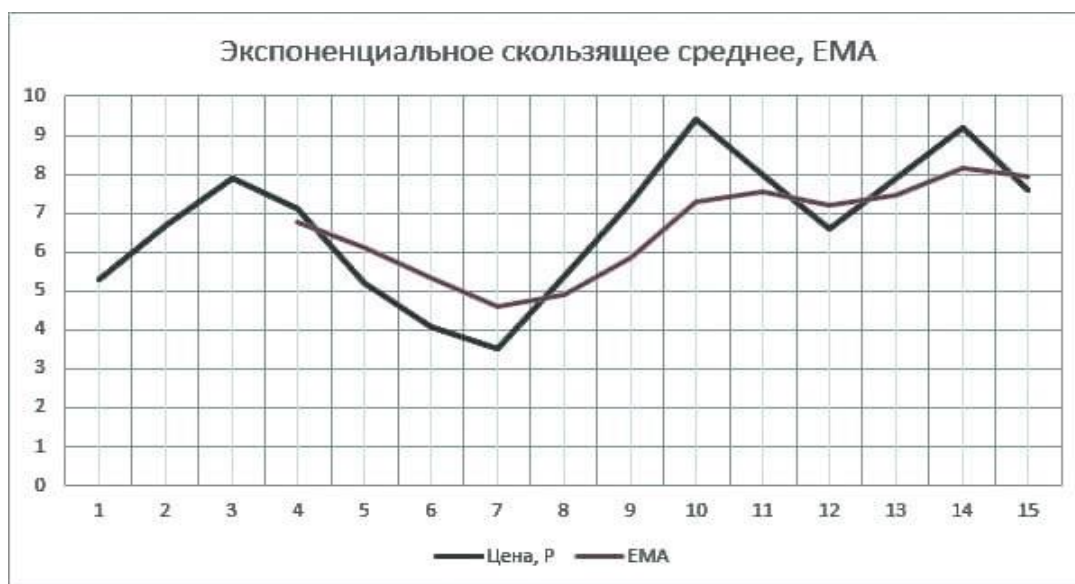


Рисунок 1 - Экспоненциальное скользящее среднее значение

На графике видно, что экспоненциальное сглаживание позволяет сгладить наиболее резкие отклонения цен и установить направление сложившегося на рынке тренда [6].

Таким образом, анализируя и обобщая статистические данные, можно получить теоретические выводы и практические заключения о тенденциях и закономерностях изучаемых социально-экономических явлений и процессов [7].

Библиографический список

1. Теория статистики: Учебник/ Под ред. Р.А. Шмойловой .4-е изд., доп. и перераб. - М.: Финансы и статистика, 2005. - 656 с.

2. Вахнина О.В., Клочков Ю.В. Специфика научного подхода -элемент методологического ориентира преподавания в вузе // В сборнике: Ценностно-гуманитарная парадигма формирования нового поколения специалистов в условиях развития цифровой среды. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 274-277.

3. Чернышкова В.И., Вахнина О.В. Роль матричного метода в экономике // В книге: Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. 2020. С. 188.

4. Сажин Ю.В. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник / Ю.В. Сажин, А.В. Катынь, Ю.В. Сарайкин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013.-192 с.

5. Электронный ресурс.: Режим доступа: https://studopedia.ru/12_228494ekonomiko-statisticheskie-metodi.html.

6. Электронный ресурс.: Режим доступа: [https://allfi.biz/Forex/ Technical Analysis/Trend-Indicators/ jekspone ncialnoe -skolzjashhee- srednee.php](https://allfi.biz/Forex/TechnicalAnalysis/Trend-Indicators/jekspone%20ncialnoe%20skolzjashhee%20srednee.php).

7. Электронный ресурс.: Режим доступа: [https://www.ekonomstat.ru/ lektsii-po-distipline-statistika/33-kurs-lekcij-po-iscipline- statistika /760- jekonomiko-statisticheskij-analiz.html](https://www.ekonomstat.ru/lektsii-po-distipline-statistika/33-kurs-lekcij-po-iscipline-statistika/760-jekonomiko-statisticheskij-analiz.html).

УДК 51-77

МАТЕМАТИКА В ПРОФЕССИИ СПАСАТЕЛЯ

Рохманько В.П.

Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Кадина И.В.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: kadina.irina.78@mail.ru*

Рассмотрены примеры решения задач прикладного характера с использованием математического моделирования с целью определения возможных последствий чрезвычайной ситуации и ее последствий с течением времени.

Ключевые слова: математика, математическая модель, химическое заражение, время устранения химического заражения.

Математика – это наука, которая необходима буквально повсюду, в каждой профессии. Она необходима на каждом шагу и в повседневной жизни человека. Каждому из нас как дома, так и на работе приходится выполнять расчеты, иногда простые, а иногда сложные. Иногда для вычислений достаточно калькулятора, а бывает, что нужна специальная вычислительная техника. В некоторых расчетах необходимо владение приемами геометрических измерений, умение разбираться в табличной информации, представленной в виде диаграмм и графиков, схем и алгоритмов. Еще древние заметили, что математика заставляет человека постоянно думать. И в подтверждение этого первый «российский университет» М.В. Ломоносов говорил, что математику нужно учить потому, что она приводит в порядок мысли человека.

Моя будущая специальность - защита в чрезвычайных ситуациях. Так кто же он – спасатель? Тот, кто спасает, помогает людям. И делает он это в самых разных ситуациях: в пожарах и открытом море, при землетрясениях, обвалах, взрывах, то есть в любой чрезвычайной ситуации, которая возникает во время стихийного бедствия или техногенной катастрофы. Поэтому и профессия эта во многом собирательная, объединяющая в одном благородном лице пожарного и водителя, подводного ныряльщика и альпиниста, медика. Ведь, порой, приходится решать самые неожиданные задачи по спасению, где прилагаются знания из самых разных областей. Эти бесстрашные специалисты спасают жизни людей в экстремальных условиях. Особенность профессии «спасатель МЧС» состоит в том, что эти специалисты могут работать не только в городе, но и за его пределами. Они спасают заблудившихся в лесу, находят горнолыжников в горах после схода лавины, достают из рек и озер утопающих, помогают рыбакам, которые оказались на отколовшихся льдинах и т.д. Спасателям надо умело ориентироваться на местности, уметь рассчитывать расстояние, т.е. знания математики пригодятся и в этой профессии.

Рассмотрим пример, решения конкретной задачи, возможной при возникновении ЧС.

Пример. На объекте в газгольдере емкостью 2000 м хранился аммиак. Температура воздуха - +40 °С. Граница объекта в северной его части проходит на удалении 200 м от возможного места аварии. Далее на глубину 300 м проходит санитарно-защитная зона, за которой расположены жилые кварталы. Давление в газгольдере - атмосферное. Необходимо оценить опасность возможного очага химического поражения через 1 ч после аварии на химически опасном объекте, расположенном в южной части города.

Решение: Принимаются метеоусловия: инверсия, скорость ветра 1 м/с

При авариях на хранилищах сжатого газа количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества рассчитывается по формуле:

$$Q_0 = dV_x$$

где: d - плотность СДЯВ (сильнодействующие ядовитые вещества), т/м;
 V_x - объем хранилища, м.

$$Q_0 = 0,0008 \cdot 2000 = 1,6$$

Определяем эквивалентное количество вещества в облаке СДЯВ: $Q_{31} = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_0$,

где K_1 - коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (Аварийно химически опасное вещество) (приложение 3; для сжатых газов $K_1 = 1$);

K_3 - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (приложение 3);

K_5 - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы; для инверсии принимается равным 1, для изотермии 0,23, для конвекции 0,08;

K_7 - коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (приложение 3; для сжатых газов $K_7 = 1$);

Q_0 - количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т.

$$Q_{31} = 1 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,6 = 0,06$$

интерполированием находим глубину зоны заражения, км

$$\Gamma_1 = 0,85 + \frac{1,25 - 0,85}{0,05} \cdot 0,01 = 0,93$$

Находим предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс:

$$\Gamma_{\pi} = Nv$$

где: N - время от начала аварии,

v - скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данной скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха, км/ч

$$\Gamma_{\pi} = 1 \cdot 5 = 5$$

Расчетная глубина зоны заражения принимается равной 0,93 км как минимальная из Γ_1 и Γ_{π}

Глубина зоны заражения для жилых кварталов:

$$0,93 - 0,2 - 0,3 = 0,43$$

Таким образом, облако зараженного воздуха через 1 ч после аварии может представлять опасность для рабочих и служащих химически опасного объекта, а также населения города, проживающего на расстоянии 430 м от санитарно-защитной зоны объекта.

Библиографический список

1. Абрамов В. В. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие для вузов М.: 2013. - 365 с
2. Арустамов Э.А., Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А. Безопасность жизнедеятельности. М.: 2015. - 176 с.
3. Беломутенко С.В., Баранова М.Г. Анализ и прогнозирование чрезвычайных ситуаций их последствий на гидротехнических сооружениях // Новое поколение выбирает науку. Материалы IX Регионального научно-исследовательского конкурса среди старшеклассников и обучающихся профессиональных образовательных организаций Волгоградской области. 2018, с. 133-134.
4. Бобок С. А., Юртушкин В. И. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий. Учебное пособие для вузов по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». – М.: «Издательство ГНОМ и Д», 2010. – 288 с
5. Вартамян М.С., Комарова Е.А. Математические модели в агрономии // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы Международной научно-практической конференции. Кинель, 18-19 апреля 2017, с. 321-323
6. Воробьев В.К., Врублевский А.В., Гороховик М.В. Опасные факторы чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Практические и самостоятельные работы: учеб. пособие.–Мн.: Красико-Принт, 2006.– 256 с.
7. Полещук Н.М. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях: Учеб.-метод. пособие.– Мн.:ЗАО «Веды», 2004.– 152 с.

УДК: 514.116.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИГОНОМЕТРИИ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Чайкина А.В.

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

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

В статье раскрывается тема использования тригонометрии в жизни человека. Рассматриваются примеры применения тригонометрии в различных сферах человеческой жизни. Описываются случаи применения периодических функций в таких разных областях, как механика, медицина, музыка.

Ключевые слова: тригонометрия, периодическая функция, колебания, биоритмы, сферы жизни человека.

Все существующие процессы окружающего мира обычно связаны с

большим количеством переменных и зависимостей между ними [1]. Функция помогает описать все эти зависимости. Понятие «функция» играет важную роль в познании реального мира [2].

Тригонометрия - раздел математики, в котором изучаются тригонометрические функции и их использование в геометрии.

Она возникла в результате человеческой практики в процессе решения конкретных практических задач [3-8].

В мире, который нас окружает, мы часто встречаемся с периодическими процессами, повторяющимися с одинаковой (или приближительной) временной периодичностью. Данный процесс называют колебательным.

Механическими колебаниями называют повторяющийся в той или иной степени во времени процесс изменения состояний системы около точки равновесия. Колебания почти всегда связаны с попеременным превращением энергии одной формы проявления в другую форму. Колебания различной физической природы имеют много общих закономерностей и тесно взаимосвязаны с волнами. Закон движения тела, совершающего колебания, задается с помощью некоторой периодической функции времени $x = f(t)$. С помощью графического изображения этой функции можно увидеть протекание колебательного процесса во времени. Примером волны такого рода могут служить волны, бегущие по натянутому резиновому жгуту или по струне.

Груз на пружине или математический маятник олицетворяют простые колебательные системы (рисунок 1).

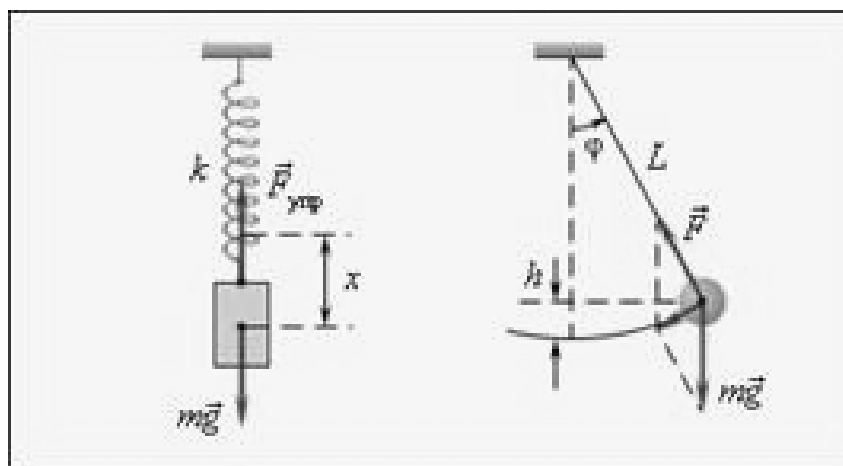


Рисунок 1 – Колебательные системы

Тригонометрия также встречается и в медицине. Каждый человек не раз замечал, что в определенный период времени повышается чувствительность, которая впоследствии резко переходит в апатию, или же плодотворная творческая деятельность превращается в бесплодные дни. Доказано, что возможности человеческого организма изменяются с определенной периодичностью. Данные знания основывают «теорию трех биоритмов» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Биоритмы

Физический биоритм регулирует физическую активность. В течение первой половины физического цикла человек энергичен и достигает лучших результатов в своей деятельности, что нельзя сказать о второй половине, где лень превосходит.

В период активности эмоционального ритма повышается чувствительность, улучшается настроение. Человек становится возбудимым к различным внешним катаклизмам. При снижении эмоционального биоритма происходит упадок душевных сил, пропадает желание, радостное настроение.

Интеллектуальный биоритм распоряжается памятью, способностью к обучению, логическому мышлению. В фазе активности наблюдается подъем, а во второй фазе спад творческой активности, отсутствуют удача и успех.

Физический цикл, длящийся 23 дня, определяет энергию, силу, выносливость, координацию движения. Эмоциональный цикл, длящийся 28 дней, определяет состояние нервной системы и настроение. Интеллектуальный цикл, длительность которого 33 дня, определяет творческую способность личности.

Нельзя не напомнить о применении тригонометрии в музыкальном искусстве. Если следовать теории, то можно установить, что каждая нота представляется как логарифм чистоты соответствующего звука. Например, местонахождение ноты «До» - первая октава - соответствует числу 12, а сама нота – 60.

Следовательно, можно сделать вывод, что точка с заданными координатами в геометрическом пространстве – это аккорд. Он сгруппировал в себе различные «семейства», которые представляют собой соответствие различным типам геометрических пространств.

Тригонометрия нашла широкое применение в творчестве. Она используется и в искусстве, и в архитектуре. Основы всего, что создано человеком – это различные направления в естественных и математических науках. Одна

из них – геометрия.

Тригонометрия не обходится и без других наук [9]. Большинство композиционных решений и построений рисунков проходило именно с помощью геометрии. Но теоретические данные мало что значат. Рассмотрим на примере построения одной скульптуры, созданной мастером из Франции [10]. При расчетах статуя была идеальной, но при поднятии на место ее нахождения – творение смотрелось непропорциональным и уродливым. С помощью геометрических знаний удалось понять, что, зная примерное расстояние от статуи до приблизительной точки зрения, можно рассчитать синус угла падения взгляда с помощью таблицы. Культовые здания во всем мире были спроектированы благодаря математике, которая может считаться гением архитектуры. Мост в Сингапуре также был построен с помощью знаний тригонометрии.

Тригонометрия нашла себя в различных сферах нашей жизни, где, несомненно, она играет важную роль. Исследование применений данной науки еще раз доказывает, что в нашей жизни все взаимосвязано.

Библиографический список

1. Соболевская, Т.А. Роль математики и математической статистики в процессе гармоничного развития личности студента [Текст] / Т.А. Соболевская // Ценностно-гуманитарная парадигма формирования нового поколения специалистов в условиях развития цифровой среды: Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоградский ГАУ. - Волгоград, 2019. - С. 328-332.

2. Глейзер, Г.И. История математики в школе: IX-X кл. — М.: Просвещение, 1983. - 352 с.

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

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

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

6. Дмитриенко, Н.В. Математические методы при расчете длины стре-

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

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

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

9. Ковальчук, Л.В. Тригонометрия и ее приложение в геодезии [Текст] / Л.В. Ковальчук, Т.А. Соболевская // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. - Майский, 2020. - С. 181.

10. Рыбников, К.А. История математики: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1994. - 495 с.

УДК 543.4

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ ПАРАЦЕТАМОЛА

Шачнева К.С.

Научный руководитель: канд. хим. наук, доцент Баранова Н.В.

*Тверской государственный университет,
г. Тверь, e-mail:kristiana.shachneva.98@gmail.com*

В данной статье рассмотрено определение подлинности парацетамола с помощью спектрофотометрического метода, проведение количественного анализа методом удельного коэффициента поглощения в УФ области. Использование закона Бугера-Ламберта-Бера для нахождения концентрации анализируемых лекарственных веществ.

Ключевые слова: спектрофотометрия, определение подлинности, парацетамол, количественный анализ, лекарственные препараты, аналитический метод.

В настоящее время спектрофотометрия как аналитический метод занимает одно из ведущих мест во многих отраслях науки, в особенности ши-

роко используется для количественного и качественного анализа лекарственных препаратов.

Спектрофотометрия позволяет определить неизвестное вещество по максимуму поглощения соответствующему значению длины волны излучения, в зависимости от наличия хромофорных групп, которые проявляют способность к избирательному поглощению в УФ/вид областях, а также от содержания ауксохромов. Количественный анализ осуществляется по закону Бугера-Ламберта-Бера путем нахождения оптической плотности в заданной области излучения [1].

В качестве объекта исследования был выбран нестероидный жаропонижающий препарат парацетамол. Спектрофотометрический анализ проводился на спектрофотометре SPECORDM 40 в УФ области [2].

Для приготовления исследуемого раствора помещали 0,5 (0,2) г сиропа препарата в колбу на 100 мл и доводили дистиллированной водой до метки. 2 мл полученного раствора переносили в колбу на 100 мл и добавляли 10 мл 0.1 н раствора NaOH, доводили дистиллированной водой до метки. Удельный коэффициент парацетамола $E_{1\text{см}}^{1\%} = 715$.

Спектры снимали в УФ области в диапазоне длин волн от 220 до 280 нм [3]. Затем количественно определяли содержание п-ацетаминофена в лекарственных средствах (табл. 1).

Таблица 1 - Спектрофотометрический анализ парацетамола

Спектрофотометрический анализ	Масса парацетамола, г	
	Теоретические данные	Практические данные
Парацетамол «Фармастандарт-Лексредства»	0,500	0,479
Парацетамол «Производственная фармацевтическая компания Обновление»	0,500	0,478
Парацетамол «Татхимфармпрепараты»	0,200	0,191

В ходе спектрофотометрического анализа в УФ области было выяснено, что максимальное поглощение парацетамола происходит при длине волны равной 257 нм. При этой длине волны на спектре наблюдается пик максимума поглощения излучения, что соответствует справочным данным [4].

Среди исследуемых образцов фальсифицированных препаратов не обнаружено.

Библиографический список

1. Пахомов П.М. Физические методы исследования Учебное пособие / П.М. Пахомов, С.Д. Хижняк, Я.В. Андрианова – Тверь: ТвГУ, 2020 – 292 с.

2. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд.– Т. 1-3. –М.; 2015.

3. Сливкин А.И. Практикум по фармацевтической химии / А.И. Сливкин, Т. А. Брежнева. – Воронеж: ВГУ, 2006. – 121 с.

4. Жерносек А.К. Фармацевтическая химия. Практическое руководство. Часть I. Учебно-методическое пособие / А.К. Жерносек. – Витебск: ВГМУ, 2010. – 198 с.

УДК 622.6

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

Кирилова Е.Н., Столбов Н.Е.

Научный руководитель: Мамонова Л.И.

*Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева,
г. Прокопьевск, e-mail: zz45zz45@bk.ru.*

В данной статье рассматривается взаимосвязь математики и экономики, а также теоретические основы экономического анализа, построение математических моделей, решение задач социально-экономической жизни. Особое внимание обращается на применение математических методов.

Ключевые слова: математика, экономика, математические исследования, экономические вычисления, математические методы, управления экономическими объектами.

Актуальность. Математические исследования и экономические вычисления, впрочем, как математика и экономика – не далеки друг от друга. Математические исследования служат людям издавна и успешно. Математика - основа всех точных наук, а экономика создает материальные условия для существования людей, помогает понять многое в их жизни. Математические методы ускоряют проведение экономического анализа, способствуют более полному учету влияния факторов на результаты деятельности и повышению точности всех вычислений.

Цель исследовательской работы: рассмотреть взаимодействие важных отраслей в социально-экономической жизни.

Задачи нашей исследовательской работы:

- 1) Наглядно показать взаимосвязь математики и экономики
- 2) Познакомиться с основными понятиями этих направлений
- 3) Научиться применять в экономике математические навыки
- 4) Освоить конкретные экономические знания, необходимые для жиз-

ни, практической деятельности, дальнейшего будущего

5) Показать широту применения в экономике математических методов.

Применение математики в экономике принимает форму экономико-математического моделирования. Математические методы моделирования экономических объектов являются необходимыми для управления экономическими объектами.

Предметом являются математические модели экономических объектов.

В управленческой практике для решения подобных задач прибегают к самым разным методам. К математическому методу относятся:

1) методы экономической кибернетики- методы, который ускоряют проведение экономического анализа, способствуют полному учету влияния факторов на результаты деятельности, повышают точность вычислений

2) элементарной математики- используются в качестве обоснования потребности в ресурсах, учете затрат на производство, разработке планов и различных проектов

3) математического программирования- служат основным средством решения экономических задач

4) математической статистики- затрагивает систематизацию и использование статистических данных для научных и практических выводов

5) эконометрические методы- предназначенные для анализа статистических данных и построения моделей конкретных экономических и технико-экономических явлений, а также процессов

6) исследования операций- включает разработку и практическое применение методов наиболее оптимального управления организационными системами

7) классические методы математического анализа- посвящено исследованию экономических систем и процессов с помощью математических моделей.

8) метод теории оптимальных процессов- занимается математическими моделями управляемых объектов и систем с целью выработки оптимальных способов управления ими.

Применение математических методов в экономическом анализе базируется на методологии экономико-математического моделирования хозяйственных процессов и научно обоснованной классификации методов и задач анализа.

Применение математических исследований в экономических вычислениях требует прежде всего точного математического описания экономического процесса. Математическая модель строится для того, чтобы адекватно отражать экономический процесс. Использование как средство практических вычислений далеко не одна из доступных функций. Не менее важной стоит отметить ту, что служит аппаратом построения самой теории. Как подтверждение можно взять падающее яблоко. Ему не нужно вычислять, какой путь оно пройдет и за какое время. А формула его движе-

ния нужна тому, кто желает доказать данный процесс. Аналогичным образом формула, описывающая поведение монополиста, нужна не монополисту, а тому, кто хочет понять, что происходит на рынке.

Модель – образ системы, является аналогом некоторой части природной или социальной реальности, заменяет оригинал в познании и практике.

Существует всего 4 вида экономико-математических моделей, которые используют при анализе отдельных факторов.

К ним относятся:

1) Мультипликативные модели (они определяются как произведение отдельных факторов)

2) Смешанные модели (сочетание различных комбинаций предыдущих моделей)

3) Аддитивные модели (сумма всех факторов)

4) Кратные модели (получается деление от двух факторов)

Данные модели отлично подойдут для того, чтобы употреблять их для построения двухфакторной модели объёма валовой продукции, а аддитивную, например, для вычисления объёма производства товаров во взаимосвязи с объёмом выпуска отдельных изделий.

Моделирование позволяет применять методы математического расчета в целях получения определенных решений, проведению анализов, подтверждению выдвинутых гипотез. Благодаря развитию высоких технологий многие расчеты стали автоматизироваться за счет языка программирования, который использует математические алгоритмы. Математическая методология используется в макроэкономическом планировании. При разработке решений могут прибегать к таким методам, как: корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ, метод компонент, теория вероятностей, теория игр, методы оптимизации и другие.

Для реализации данного направления ученые могут пользоваться методами: теория массового обслуживания и игр, исследование операций на графах, многокритериальную оптимизацию, различного рода планирование, управление запасами, имитация хозяйственных систем.

Подводя итоги, можно с точностью сказать, что применение математических методов и исследований в экономике и экономических вычислениях, крайне важно и оправдывает всё, что возлагается. Исследования определенно вносят существенный вклад в экономическую теорию, хозяйственную практику и практические вычисления, затрагивая все стороны социально-экономической жизни.

Библиографический список

1. Экономико-математический энциклопедический словарь. / под ред. Данилова - Данильяна В.И. – М.: Инфра-М, 2003.- 640 с.

2. Куликов Л. М. Основы экономических знаний: Учеб. пособие. - М.: Финансы и статистика, 1999. - 272 с.: ил.

3. Коршунова Н., Плясунов В. Математика в экономике Учеб. пособие. М. ВИТА-ПРЕСС, 1996. [с.350].

4. Коршунова Н. И., Плясунов В. С. Математика в экономике. М. Вита-Пресс, 1996. 368 с. [с.454].

УДК 538.951 : 616.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ВОЗЛЕ ИМПЛАНТАТА С ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ БИОИНЕРТНЫМ ПОКРЫТИЕМ СИСТЕМЫ Ti-Zr ИЛИ Ti-Nb

Филяков А.Д., Романов Д.А., Невский С.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Романов Д.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: filyakov.1999@mail.ru*

В данной работе проведены результаты компьютерного моделирования напряженно деформированного состояния костной ткани, расположенной возле имплантата, с нанесенным на его поверхность электровзрывным покрытием систем Ti-Zr или Ti-Nb.

Ключевые слова: электровзрывные покрытия, биоинертное покрытие, титан, цирконий, ниобий, напряженно деформированное состояние, конечно элементное моделирование.

Помимо агрессивной внутренней среды организма человека, на долговечность имплантата влияет адаптивная перестройка костной ткани, при которой концентрация напряжения локализуются внутри объема импланта возле границы с костной тканью, что приводит к расшатыванию и выходу имплантата из стоя несмотря на то, что, фактически поверхностный слой имплантата остается неповрежденным [1].

Целью настоящей работы является компьютерное моделирование напряженно деформированного состояния костной ткани, расположенной возле имплантата, с нанесенным на его поверхность электровзрывным покрытием системы Ti-Zr или Ti-Nb.

В качестве подложки, на которую производилось электровзрывное напыление биоинертных покрытий системы Ti-Zr и Ti-Nb, использовался зубной имплантат, выполненный из титанового сплава ВТ 6. Формирование поверхностного слоя производилось на электровзрывной установке ЭВУ 60/10М по средствам электрического взрыва ниобиевой или циркониевой фольги массой 850 мг при поглощаемой плотности мощности $2,0 \text{ ГВт/м}^2$.

Для оценки влияния биоинертных покрытий системы Ti-Zr и Ti-Nb на механического поведения имплантатов в программе COMSOL Multiphysics®

версии 5.4 была разработана двумерная модель.

Все материалы, используемые при создании исследуемых моделей, принимаются как линейно-упругие и изотропные. Характеристики применяемых материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики материалов

Материал	Модуль Юнга, ГПа	Коэффициент Пуассона	Плотность, кг/м ³
BT 6	110	0,3	4470,5
Ti-Zr	73,8	0,36	6520
Ti-Nb	84,3	0,35	8750
Кортикальная кость	14,8	0,3	1126,28
Губчатая кость	1,85	0,3	734,77

Все расчеты проводились согласно теории упругости для стационарного случая.

Имплантат, использующийся в исследуемой модели, состоит из 4 частей: надкостной части, обозначенной на рисунке X LABK, воротниковой части JCDI, расширяющийся кверху, основной части IDEH и нижней части HEFG, напротив, сужающейся к своему основанию на тот же угол, что расширяется воротниковая часть. Три последние части имеют слой биоинертного покрытия толщиной 63 мкм, обозначенный на рисунке 1 JCDEFHIJ'G'F'E'D'C'.

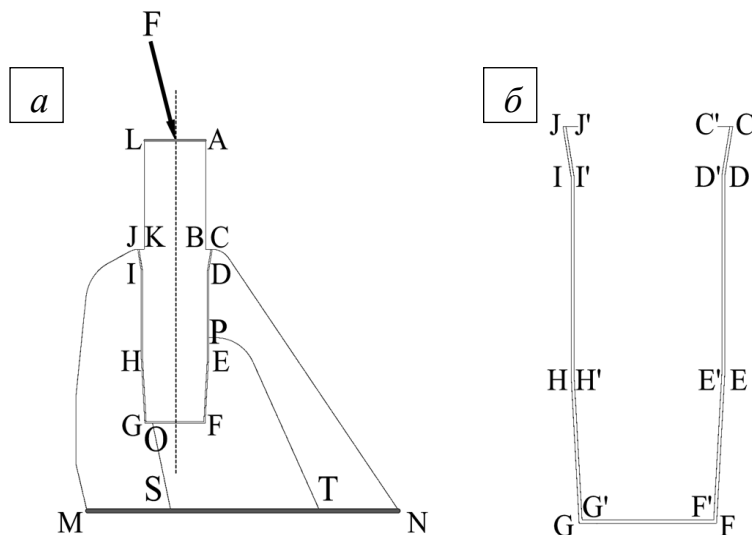


Рисунок 1 – Изображение исследуемой модели: а) схема воздействия механических нагрузок на зубной имплантат с биоинертным покрытием; б) схема расположения биоинертного покрытия

Криволинейные области с буквенными обозначениями PCNT и JOSM представлены кортикальной костной тканью. Высота кортикального слоя достигает 12 мм, а его неоднородная толщина варьируется от 2,5 мм до 4,7 мм. Зона SOPT высотой 7,96 мм и шириной 3,49 мм имеет характеристики губчатой костной ткани. Геометрические параметры исследуемой модели приведены в таблице 2.

К верхней грани импланта LA приложена результирующая сила равна 118,2 Н и направлена под углом 15° к вертикали. Грань MN является закрепленной.

Исследуемая модель была разделена на 4132155 треугольных конечных элементов с размером от 1 мкм до 10 мкм.

Таблица 2 - Основные характеристики исследуемых моделей

Обозначение	Ширина, мм	Высота, мм	Угол сужения / расширения, град	Материал
LABK	3	5	-10	BT 6
JCDI	3,3	1	10	BT 6
IDEN	3,3	4	–	BT 6
HEFG	3,3	3	–	BT 6
PCNT	от 2,5 до 4,1	12,03	–	Кортикальная костная ткань
JOSM	От 3,01 до 4,8	12,03	–	Кортикальная костная ткань
SOPT	3, 49	7,96	–	Губчатая костная ткань

Слой покрытия имеет толщину 63 мкм и расположен на границе JCDI, IDEN, HEFG. В качестве материала, в зависимости от варианта выступает BT6 и электровзрывные покрытия системы Ti-Zr. и Ti-Nb.

В результате конечно-элементного анализа было установлено, что наибольшие напряжения по критерию Мизеса возникают в точках В, К, G, О, F и на отрезке CP, лежащих на границе между костной тканью и имплантатом.

В варианте без биоинертных покрытий напряжения Мизеса в точке G равны 0,0420 МПа. Рассматриваемая переменная уменьшилась до 0,0376 МПа при исследовании поведения биоинертного покрытия системы Ti-Nb и до 0,0357 МПа в модели со слоем Ti-Zr.

В точке О напряжения аналогичным образом изменяются. Имплант без биоинертных покрытий демонстрирует 0,0374 МПа, вариант с покрытием

системы 0,0370 МПа, а образец со слоем Ti-Nb – 0,0369 МПа.

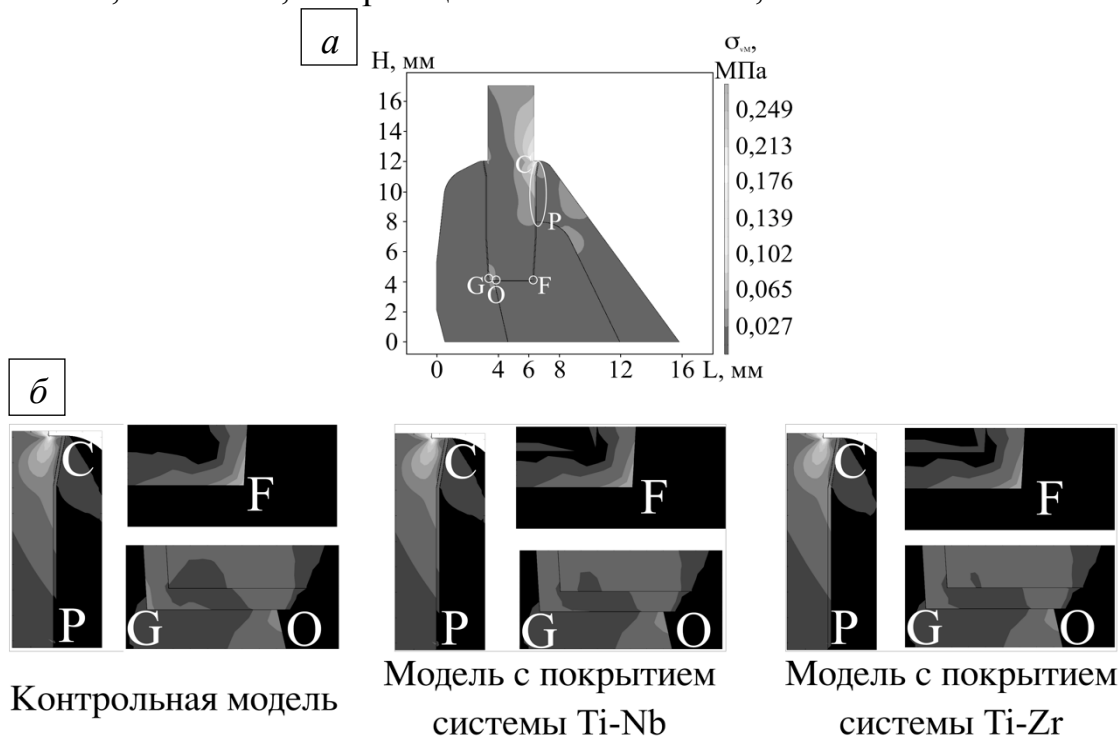


Рисунок 2 – а) Распределение напряжений по Мизесу в зубном имплантат и прилегающей костной ткани для различных вариантов исполнения модели; б) увеличенные изображения участков с наибольшими напряжениями

Как и в предыдущем случае в точке F наибольшие напряжения по критерию Мизеса демонстрирует вариант без покрытия – 0,0498 МПа. Покрытие системы Ti-Nb уменьшает этот показатель до 0,0476 МПа, а Ti-Zr вариант достигает 0,0464 МПа. На грани CP напряжения изменяются аналогичным образом.



Рисунок 3 – распределение напряжений по Мизесу на границе между зубным имплантатом и костной тканью

Стоит также отметить, что на границе между покрытием и имплантатом возникает второй пик напряжений, вызванный разницей значений модуля Юнга покрытия и подложки.

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. Применение биоинертных покрытий системы Ti-Zr и Ti-Nb позволяет уменьшить напряжения на границе между имплантатом и костной. При этом наибольший результат был получен при моделировании биоинертного покрытия Ti-Zr с более низким модулем Юнга равным 73,8 МПа.

2. На границе между титановой подложкой и электровзрывным биоинертным покрытием образуется второй скачок механических напряжений, вызванный различием в значениях модулей Юнга покрытия и подложки.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00016).

Библиографический список

1. Chen Q. Metallic implant biomaterials [Text] / Q. Chen, G. A. Thouas // Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2015. – V. 87, – 87 p.

УДК 677.054

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ЦЕЛЯХ

Карапетьянц Р.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Кашникова М.Л.

*Ивановская государственная сельскохозяйственная
академия имени Д. К. Беляева,
г. Иваново, e-mail: rincalan@gmail.com*

В работе рассмотрен метод математического моделирования объекта или процесса как источник дисперсных знаний. Приведены этапы и критерии моделирования, а также примеры точных планов, близких по своим свойствам к D-оптимальным и содержащих точки непрерывных D-оптимальных планов.

Ключевые слова: моделирование, математическая модель, планирование исследований.

В различных сферах человеческой деятельности всё чаще используется такой универсальный метод научного познания, как моделирование.

В процессе исследования объект-оригинал замещается материальным

или мысленно представляемым объектом, который является моделью. Его непосредственное изучение даёт новые знания об объекте- оригинале.

Главная особенность метода математического моделирования в опосредованном познании объекта с помощью объектов-заместителей. Модель выступает как своеобразный инструмент познания, с помощью которого исследователь изучает интересующий его объект или процесс. Именно эта особенность метода моделирования определяет специфические формы использования абстракций, аналогий, гипотез, других категорий и методов познания.

Так как многие объекты или процессы, относящиеся к этим объектам, непосредственно исследовать невозможно или данное исследование требует много времени и средств, то возникает необходимость использования метода моделирования.

В данной работе рассмотрен метод моделирования, позволяющий получить дисперсные знания об объекте на основе нескольких данных.

Первым этапом процесса моделирования является определение основных элементов моделирования. Процесс моделирования включает в себя субъект (исследователь), объект исследования, а также модель, определяющую отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

На втором этапе моделирования объекта модель выступает как самостоятельный объект исследования. Одной из форм такого исследования является проведение экспериментов, при которых сознательно изменяются условия функционирования модели и собирают данные откликов или критериев.

На третьем этапе осуществляется формирование множества знаний об объекте путём переноса знаний с модели на объект-оригинал. Этот процесс переноса знаний проводится по определённым правилам. Определив свойства объекта-оригинала, которые не были учтены или претерпели изменения при построении модели, необходимо скорректировать знания о модели. Если полученный результат соответствует признакам сходства объекта-оригинала и модели, то в этом случае можно смело переносить этот результат с модели на оригинал. Если же определённый результат модельного исследования связан с отличием модели от оригинала, то этот результат переносить неправомерно.

На четвёртом этапе проводится практическая проверка получаемых с помощью моделей знаний об исследуемом объекте, их использование для построения обобщающей теории, преобразования объекта-оригинала и управления им.

Но в процессе создания математической модели важно не забывать о других источниках знаний об исследуемом объекте. Это обстоятельство учитывается не только на этапе формирования модели, но и на завершающем этапе, когда осуществляется объединение и обобщение результатов исследования, получаемых на основе разнообразных средств познания.

Каждое экспериментальное исследование состоит из ряда следующих друг за другом этапов: формулирование цели, выдвижение гипотезы об исследуемом объекте, планирование экспериментов, проведение эксперимен-

тов, обработка и анализ результатов, проверка правильности выдвинутой гипотезы, выдвижение новой гипотезы, проверка условий окончания эксперимента, планирование нового эксперимента.

Логическую схему и способы решения задач на разных этапах исследования даёт теория эксперимента. На рисунке 1 представлена общая схема построения математической модели.

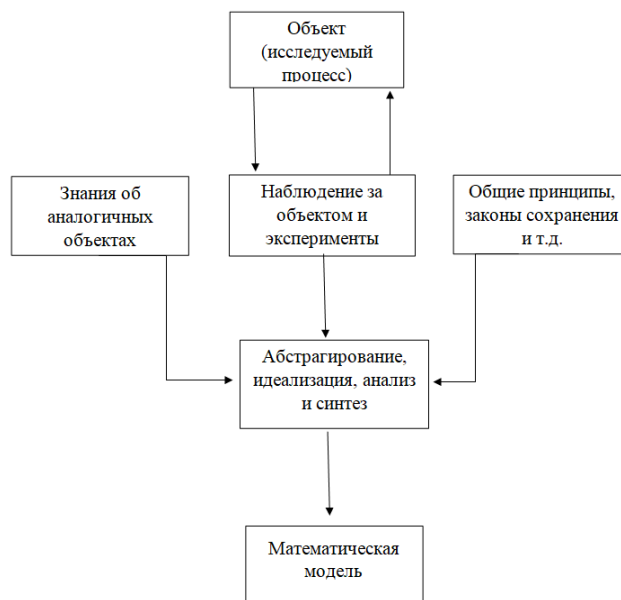


Рисунок 1 - Общая схема для построения математической модели

Из схемы видно, что исследование объекта состоит из повторяющихся циклов, причем от цикла к циклу растет объем знаний об объекте, подтверждающих правильность выдвигаемых гипотез. Также при применении метода математического моделирования возрастает эффективность планирования эксперимента и всего исследования.

Применение методов планирования эксперимента предполагает возможность проведения опытов в заданных исследователем условиях. Такой способ проведения эксперимента принято называть активным.

Множество всех точек проведения экспериментов

$$x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i), i = 1, 2, \dots, N,$$

Представляется с помощью матрицы плана

$$X = (x_j^i) = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_n^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_n^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^N & x_2^N & \dots & x_n^N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x^1)^1 \\ (x^2)^1 \\ \vdots \\ (x^N)^1 \end{bmatrix}$$

Область возможных значений независимых переменных называется областью планирования эксперимента. Предположим, обозначим эту область Ω_x . Все точки x^i плана X должны принадлежать области Ω_x . Тогда это

требование можно записать следующим образом:

$$x^i \in \Omega_x \text{ или } X \in \Omega_x$$

Независимые переменные x часто называют варьируемыми переменными или факторами. Область планирования эксперимента может быть задана, например, с помощью неравенств

$$-1 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, n.$$

Можно выделить пять основных критериев планирования эксперимента.

1) Критерий ортогональности плана. Критерий ортогональности требует такого выбора плана X для оценки коэффициентов модели заданного вида, при котором информационная матрица плана диагональна. Использование критерия ортогональности имеет целью упрощение вычислений и получение независимых оценок коэффициентов.

2) Критерий ротатабельности. Этот критерий требует такого расположения экспериментальных точек в области планирования Ω_x , при котором дисперсия оценки значений зависимой переменной в точке x зависит только от расстояния от этой точки до центра плана.

Названные критерии обеспечивают некоторые полезные и удобные свойства оценок коэффициентов, однако они никак не связаны с требованиями максимальной точности построения модели. Критерии, приводимые ниже, обеспечивают оптимальность планов эксперимента с точки зрения точности оценки параметров модели или зависимой переменной.

3) Критерий А-оптимальности. Этот критерий требует такого выбора плана X , при котором матрица $C = (F'F)^{-1}$ имеет минимальный след (т.е. сумма диагональных элементов матрицы C минимальна). Критерий А-оптимальности по существу требует минимизации средней дисперсии оценок коэффициентов модели.

4) Критерий D-оптимальности. Этот критерий требует такого расположения точек в области Ω_x , при котором определитель матрицы $C = (F'F)^{-1}$ минимален (или определитель матрицы $M = F'F$ максимален).

5) Критерий G-оптимальности. Данный критерий требует такого расположения точек в области Ω_x , при котором достигается наименьшая величина максимальной дисперсии оценки зависимой переменной в области Ω_x .

Наибольший практический интерес представляют точные D-оптимальные планы с малым числом опытов N .

Приведём ряд точных планов, близких по своим свойствам к D-оптимальным и содержащих точки непрерывных D-оптимальных планов. Планы строились для случаев, когда $N < r$, где r – число точек непрерывного плана, для квадратичных моделей вида

$$y(a, x) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n + a_{n+1}x_1^2 + \dots + a_{2n}x_n^2 + a_{2n+1}x_1x_2 + \dots + a_kx_{n-1}x_n.$$

Область планирования – гиперкуб;

$$-1 \leq x_i \leq +1, i=1, 2, \dots, n.$$

В таблицах приведены точные планы для $n=2$ (таблица 1) и $n=3$ (таблица 2), близкие к D-оптимальным при числе экспериментов $N = k + 1$.

Таблица 1 - Насыщенный план, близкий к D-оптимальным, для квадратичных моделей для $n=2$.

i	x_1^i	x_2^i
1	-1	-1
2	-1	+1
3	+1	-1
4	+1	+1
5	0	-1
6	0	0

Таблица 2- Насыщенный план, близкий к D-оптимальным, для квадратичных моделей для $n=3$

i	x_1^i	x_2^i	x_3^i
1	1	-1	1
2	1	1	-1
3	1	-1	-1
4	1	1	1
5	-1	1	0
6	-1	0	1
7	-1	0	-1
8	-1	-1	0
9	0	-1	1
10	0	0	0

Точный план для заданного числа опытов N в принципе может быть найден с помощью тех или иных численных методов решения экстремальных задач и без знания соответствующего непрерывного D-оптимального плана. Задача, однако, существенно упрощается, если точный план составляется только из точек непрерывного D-оптимального плана, что приводит, естественно, к некоторой потере оптимальности точного плана.

Таким образом, правильно выстроенная математическая модель исследуемого объекта или процесса, учитывающая все критерии, позволяет сократить объем исследований. При этом полученные знания об объекте или процессе не уступают по информативности и точности результатам реальных исследований.

**ТРАНСФОРМАЦИИ 1-R-1
ПЕРФТОРАЛКИЛЭТИНИЛЗАМЕЩЕННЫХ 1,2,3,4-
ТЕТРАГИДРОИЗОХИНОЛИНОВ С УЧАСТИЕМ
ЭЛЕКТРОНОДЕФИЦИТНЫХ АЛКИНОВ В ТРИФТОРЭТАНОЛЕ**

Обыденник А.Ю., Евенко Т.В.

Научный руководитель: канд. хим. наук, доцент Титов А.А.

*Российский университет дружбы народов (RUDN University),
г. Москва, e-mail: arina.abydennik@gmail.com*

Изучены превращения 1-перфторалкилэтинилзамещенных 1,2,3,4-тетрагидроизохинолинов с терминальными электронодефицитными алкина-ми для установления синтетических границ исследуемых нами реакций.

Ключевые слова: бензо[*d*]-3-аза-циклодека-4,6,7-триены, азациклические аллены, 1-перфторалкилэтинилзамещенные 1,2,3,4-тетрагидроизохинолины, 1-алкинилизохинолины, трифторэтанол.

На кафедре органической химии РУДН впервые было показано, что взаимодействие 1-фенилэтинилзамещенных-1-R-2-метил-1,2,3,4-тетрагидроизохинолинов с метилпропиолатом и ацетилацетиленом в спиртах приводило к бензо[*d*]-3-аза-циклодека-4,6,7-триенам, причем использование трифторэтанола в качестве растворителя позволило получить целевые продукты с более высокими выходами [1,2]. Это был первый описанный пример синтеза конденсированных азациклических алленов, однако влияние перфторалкильного заместителя в этинильном фрагменте молекул на региона-правленность данных реакций не изучалось.

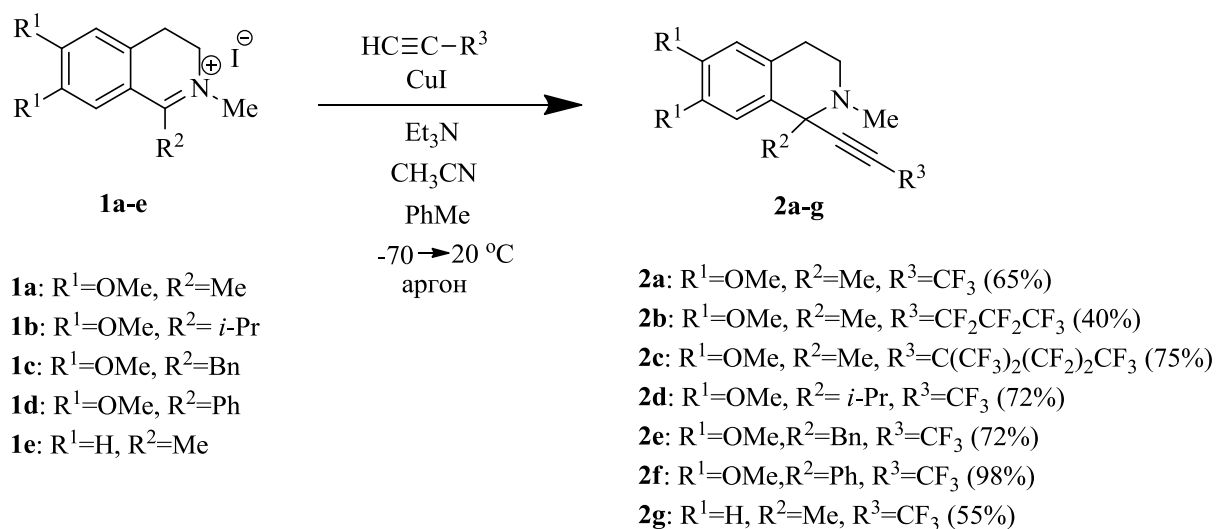


Рисунок 1- Введение перфторалкильного фрагмента
в исходные изохинолины

Исходные перфторалкинилизохинолины **2a-g** были синтезированы нами по модифицированному методу с выходами 40-98 %. В литературе можно встретить примеры введения фенилэтинильного радикала в первое положение изохинолиновой системы с использованием 10-кратного избытка фенилацетилена, CuI и триэтиламина. Мы вводили перфторалкинильные заместители в пиридиновый цикл, используя всего два мольных эквивалента соответствующего алкина при $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ в ампуле. После чего ампулу запаивали, а температуру реакционной массы впоследствии плавно доводили до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Реакции R_F -этинилзамещенных тетрагидроизохинолинов с терминальными электронодефицитными алкинами проводили в трифторэтаноле при комнатной температуре. Установлено, что электроноакцепторная трифторметильная группа меняет направление изученной нами реакции, поэтому помимо основного продукта – азациклического аллена, в отдельных случаях зафиксировано образование второстепенного продукта – замещенного фурана **4** (рисунок 2). Для изохинолина **2d** с метилпропиалатом по окончании реакции нами осуществлено хроматографическое разделение соединений и с помощью спектральных методов доказано их строение.

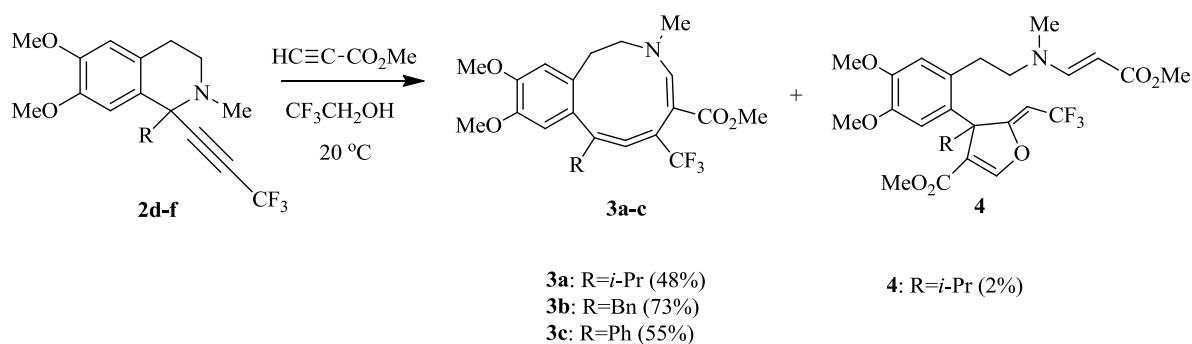


Рисунок 2- Изучение реакций 1-трифторпропинилзамещенных 1,2,3,4-тетрагидроизохинолинов с метилпропиолатом.

Строение замещенного фурана **4** было однозначно подтверждено, в том числе и данными РСА (рисунок 3).

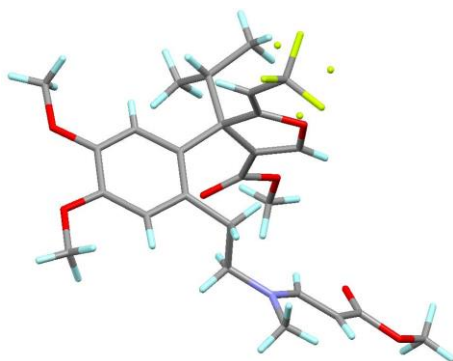


Рисунок 3 - Молекулярная структура соединения **4**

Образование соединения **4** можно объяснить присоединением молекулы воды к этинильному фрагменту исходного изохинолина **2d**, после чего

происходит взаимодействие изохинолина с метилпропиолатом. Далее полученное ацильное производное, содержащее третичный атом азота, атакует молекулу метилпропиалата с образованием цвиттер-иона **A**, в котором происходит миграция протона от енольного фрагмента к карбаниону, образуя интермедиат **B** (рисунок 4). Присоединение енолят-аниона по Михаэлю ко второй молекуле алкина запускает домино-процесс образования фуранового кольца, сопровождающийся расщеплением тетрагидропиридиниевого цикла и образованием продукта **4**.

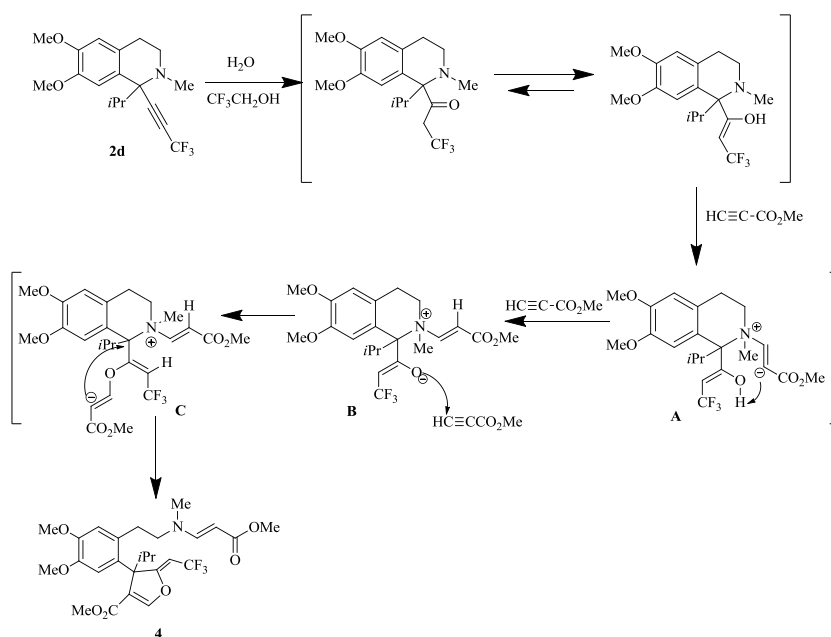
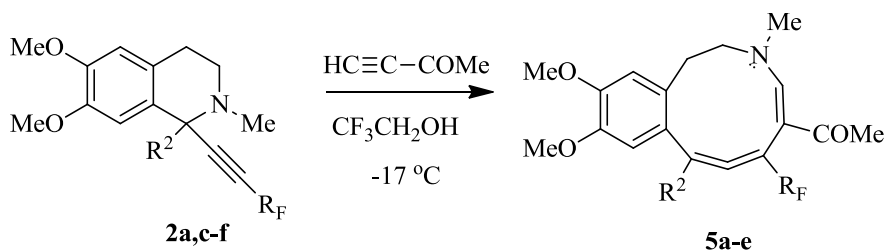


Рисунок 4- Химизм образование производного фурана **4**.

Взаимодействие R_F -этинилзамещенных изохинолинов **2a,c-f** с ацетилацетиленом в трифторэтаноле оказалось более региоселективным. Трансформация α -алкинитетрагидропиридинового цикла с участием алкина приводит к синтезу целевых азациклических алленов **5a-e** с выходами 58-81% (рисунок 5).



- 5a:** $R^2=Me$, $R_F=CF_3$ (58%)
- 5b:** $R^2=i-Pr$, $R_F=CF_3$ (64%)
- 5c:** $R^2=Bn$, $R_F=CF_3$ (73%)
- 5d:** $R^2=Ph$, $R_F=CF_3$ (81%)
- 5e:** $R^2=Me$, $R_F=(CF_2)_2-CF_3$ (74%)

Рисунок 5- Изучение реакций 1-перфторалкинилзамещенных 1,2,3,4-тетрагидроизохинолинов с ацетилацетиленом.

Две реакции стали исключением. Незамещенный по бензольному циклу изохинолин **2g** реагировал с ацетилацетиленом по двум направлениям (рисунок 6). На первой стадии процесса образуется цвиттер-ион **A**, который находится в равновесии с раскрытой формой **B**, стабилизированной хорошо сольватирующим растворителем $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Затем [3,3]-сигматропная перегруппировка в интермедиате **A** приводит к бензоконденсированному аллену **5f** (путь а), а депротонирование метильной группы анионом в интермедиате **B** способствует образованию второстепенного продукта **6** (путь b).

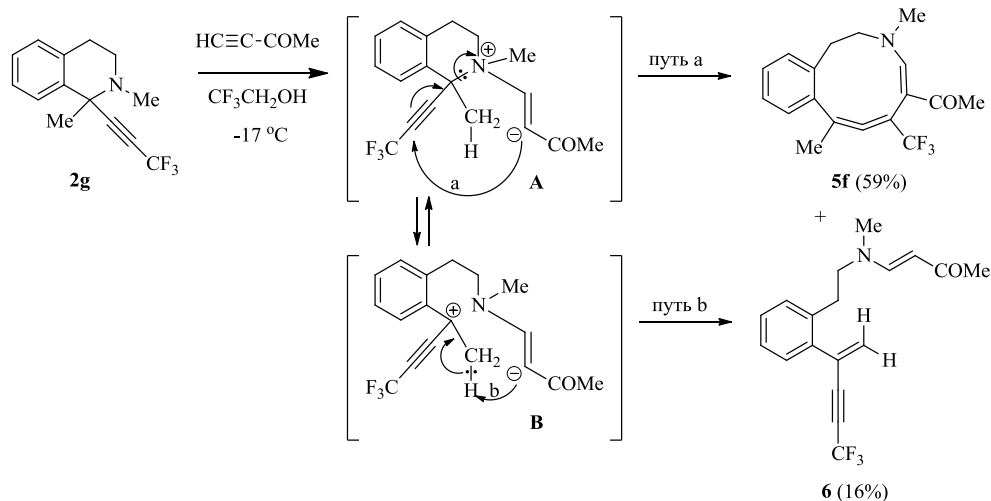


Рисунок 6- Взаимодействие незамещённого по бензольному циклу изохинолина **2g** с ацетилацетиленом в трифторэтаноле.

Использование в реакции диметоксизамещенного изохинолина **2c** с более разветвленной и стерически громоздкой перфторалкильной группой меняло направление реакции в сторону получения единственного продукта – фуранового производного **7** (рисунок 7), азациклический аллен в этих условиях не образовывался.

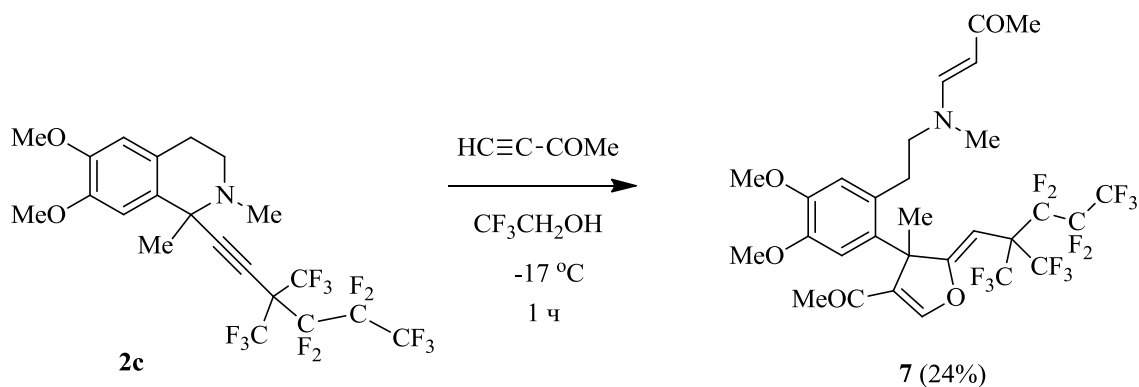


Схема 7- Взаимодействие изохинолина **2c** с ацетилацетиленом в трифторэтаноле

Таким образом, нами установлено, что основным направлением трансформаций 1-перфторалкинилизохинолинов с электронодефицитными алки-

нами является расширение α -этинилтетрагидропиридинового цикла до азецинового с алленовым фрагментом. Показано, что наличие электроноакцепторных перфторалкильных групп в изохинолинах может изменить направление превращений с участием электронодефицитных алкинов в сторону образования фурановых производных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 21-53-54002.

Библиографический список

1. Voskressensky L. G. et al. Transformation of 2-methyl-1-phenylethynyl-1, 2, 3, 4-tetrahydroisoquinoline by the action of activated alkynes //Chemistry of Heterocyclic Compounds. – 2018. – Т. 54. – №. 5. – С. 576-580.
2. Titov A. A. et al. 3-benzazecine-based cyclic allene derivatives as highly potent P-glycoprotein inhibitors overcoming doxorubicin multidrug resistance //Future medicinal chemistry. – 2019. – Т. 11. – №. 16. – С. 2095-2106.

УДК 61

ФАГОВАЯ ТЕРАПИЯ ПРИ КОРОНОВИРУСЕ В РОССИИ

**Расулов М.А., Бурнатов Е.А., Ключев К.Ю.,
Останина Т.В., Баснакьян К.С.**

Научный руководитель: канд. мед. Наук Зайко О.А.

*Российский Университет Дружбы Народов,
г. Москва, e-mail: rasulov251102@gmail.com*

Было доказано, что вирус SARS-CoV-2 обитает в кишечнике человека и действует на рецепторы, через которые проникает в клетку. Из-за повреждения рецептора снижается синтез антимикробных пептидов, наступает цитокиновый шторм, что в свою очередь может привести к смерти. Бактериофаги могут снизить клинические проявления заболевания, тем самым улучшив течение заболевания.

Ключевые слова: COVID-19, SARS-CoV-2, бактериофаги, фаговая терапия, коронавирус, фаговые коктейли.

Научные исследования фаговой терапии при коронавирусе расширяются, поскольку стандартные методы лечения не дают желаемого эффекта и иногда могут привести к клиническим осложнениям. Эксперты из Университета Маккуори в Австралии выяснили, что SARS-CoV-2 способен инфицировать и размножаться в энтероцитах кишечника человека[1]. Это указывает на то, что вирус может передаваться не только воздушно-капельным путем.

Основными симптомами Covid-19 являются лихорадка и респираторные симптомы, но также от одной трети до половины взрослых пациентов прояв-

ляются такие симптомы, как: тошнота, кишечные боли, диарея, вздутие кишечника. Коронавирус был обнаружен в стуле -человека, после того как были устранены респираторные симптомы. Это наводит нас на мысль, что SARS-CoV-2 может распространяться по фекально-оральному механизму.

Понимание и развитие коронавируса

Первый автохтонный случай COVID-19 в Италии 21 февраля 2020 года. Однако за 41 день до официального случая ученые из Istituto Superiore di Sanità, Рим, Италия обнаружили в 15 из 40 собранных проб, взятых из сточных вод, РНК вируса SARS-CoV-2 [4].

26 августа Вице-премьер Татьяна Голикова на совещании президента РФ с членами правительства заявила, что среди заболевших COVID-19 тяжелое клиническое течение болезни наблюдается примерно у 3,2 % заболевших, преобладающее количество заболевших имеют бессимптомное или вялотекущее течение заболевания.

Бессимптомное течение может проявляться легкими кишечными болями. Хотя органы дыхательной системы и пищеварительного тракта кажутся разными, однако у их клеток есть большие сходства, например, наличием ангиотензин-превращающего фермента 2 (АПФ2). Обнаружено, что АПФ2 имеет сродство к S-гликопротеинам некоторых коронавирусов, включая вирусы SARS-CoV2, и является, таким образом, точкой проникновения вируса в клетку. Самая высокая экспрессия АПФ2 в организме человека происходит в щеточной кайме кишечных энтероцитов [1].

При повреждении данного рецептора вирусом, снижается абсорбция триптофана и продукция антимикробных пептидов, что в свою очередь кардинально изменяет микробиоту, приводит к воспалению и увеличению кишечной проницаемости. Бактериальный липосахарид попадает в клетку, а затем в лимфатическую систему и кровоток, из-за происходит чрезмерный иммунный ответ, что приводит к цитокининовому шторму. Затем следует развитие острого респираторного дистресс-синдрома и угрозы смерти [2].

Рекомендуемые сегодня протоколы лечения носят симптоматический характер и в основном направлены на смягчение осложнений течения болезни. Согласно протоколам лечения больных новой коронавирусной инфекции в РФ существуют схемы антимикробной терапии при COVID-19 с помощью антибиотиков различных фармакологических групп: пенициллинов, цефалоспоринов, макролидов и др.[5]. Пациенты с пневмонией, которые находятся в ковид-госпиталях подвергаются опасности инфицирования вторичными, госпитальными, антибиотико-резистентными штаммами бактерий.[3] Использование бактериофагов может решить данную проблему. Правильно подобранные коктейли литических фагов можно применять путем ингаляций при легочных проявлениях и парентерально при кишечных проявлениях. Фаги могут контролировать микробиоту в кишечнике и обеспечивают местный иммунитет за счет взаимодействия с лимфатической системой. Бакте-

риофаги обладают очень высоким профилем безопасности и их можно использовать без каких-либо побочных эффектов.

Фаговая терапия при коронавирусе

Сегодня во многих странах использование бактериофагов строго регламентировано. Однако, в настоящее время компания Adaptive Phage Therapeutics (США) проводятся клиническое лечение фаговыми коктейлями при пневмониях у пациентов с тяжелым течением COVID-19. Сегодня страны, где налажено промышленное производство натуральных фаговых коктейлей и их использование официально одобрено, могут позволить себе проведение более широких клинических испытаний.

В настоящее время РФ занимает 4 место в мире по количеству зараженных COVID-19. Она имеет самую крупную производственную базу бактериофагов сети Microgen. У России есть большой опыт профилактического использования фагов для предупреждения кишечных инфекций при наводнениях и других стихийных бедствиях. 2 июля компания Microgen доставило фаговые коктейли в Иркутскую область во время наводнения для профилактики дизентерии, дисбактериоза и колита. Это не единичный случай. Компания поставляла фаговые коктейли в Забайкалье, Якутию, Алтай и в другие регионы РФ, пострадавшие в результате ЧС. Растущий интерес к данной тематике научного сообщества позволяет рассматривать бактериофаги как терапевтический вариант в РФ.

Заключение

Данный обзор не противопоставляет применение фагов при Covid 19 разработанным в настоящее время вакцинам. Вакцинация - это долгий процесс, а применение фагов необходимо сейчас для облегчения клинических проявлений и, соответственно, снижению смертности. Также снизится нагрузка на ковид-госпиталя за счёт сокращения времени нахождения пациентов на койках. Результаты проведенных клинических испытаний могут серьезно изменить сегодняшние рекомендации и подходы к карантинным мероприятиям, экономическим и социальным ограничениям.

Библиографический список

1. SARS-CoV-2 productively infects human gut enterocytes. Mart M. Lamers, Joep Beumer, Jelte van der Vaart, Kèvin Knoops, Jens Puschhof, Tim I. Breugem, Raimond B. G. Ravelli, J. Paul van Schayck, Anna Z. Mykytyn, Hans Q. Duimel, Elly van Donselaar, Samra Riesebosch, Helma J. H. Kuijpers, Debby Schipper, Willine J. van de Wetering, Miranda de Graaf, Marion Koopmans, Edwin Cuppen, Peter J. Peters, Bart L. Haagmans, and Hans Clevers. Published in Science 2020 | DOI: 10.1126
2. Role of Bacteriophage in COVID 19. Choudhari Omkar K, Ojha Umesh C, Rani Anita, and Spalgais Sonam. Published in International Journal of Scientific Research 2020 | DOI: 10.36106/IJSR
3. Secondary Bacterial Infections During Pulmonary Viral Disease: Phage

Therapeutics as Alternatives to Antibiotics? Prasanth Manohar, Belinda Loh, Sudarsanan Athira, Ramesh Nachimuthu, Xiaoting Hua, Susan C. Welburn, and Sebastian Leptihn.

4. SARS-CoV-2 has been circulating in northern Italy since December 2019: Evidence from environmental monitoring. Giuseppina LaRosa, Pamela Mancini, Giusy Bonanno Ferraro, Carolin Veneri, Marcello Iaconelli, Lucia Bonadonna, Luca Lucentini, Elisabetta Suffredini <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141711>.

5. Клинический протокол лечения больных новой коронавирусной инфекцией COVID-19, находящихся на стационарном лечении в медицинских организациях государственной системы здравоохранения города Москвы Под редакцией А. И. Хрипуна Москва 2020.

УДК 159.947.5

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Скорохватова Д.А.

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

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: dashylia.1121@gmail.com; ovahnina@bk.ru*

Экономико-математическое моделирование позволяет специалисту заранее оценить последствия каждого принимаемого решения, рекомендовать преимущественно удачные варианты. В работе рассмотрены этапы моделирования, представлен пример решения задачи экономического содержания с помощью математического моделирования.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, экономико-математическая модель.

Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний: астрономию, физику, химию, биологию, техническое конструирование, строительство и архитектуру, общественные науки.

Экономико-математическое моделирование – описание экономических процессов и явлений в виде экономико-математических моделей.

Экономико-математическое моделирование основывается на принципе аналогии, т. е. возможности исследования объекта через рассмотрение другого, подобного ему и более доступного объекта, его модели. В данном случае более доступным объектом является экономико-математическая модель. При построении моделей те или иные теории или гипотезы становятся обзорными, уточняются, и это способствует лучшему пониманию изучаемых проблем. Так же моделирование проявляет обратное влияние на исследова-

телей, требуя четкости формулировки задачи, строгой логичности в построении гипотез и концепций [1].

Выделяют следующие этапы экономико-математического моделирования:

Постановка экономической проблемы и ее качественный анализ. На этом этапе требуется выразить основу проблемы, принимаемые предпосылки и допущения.

2) Построение математической модели. Это этап формализации экономической проблемы, т. е. формулирования ее в виде определенных математических зависимостей.

3) Математический анализ модели. На этом этапе выявляются общие свойства модели и ее решения.

4) Подготовка исходной информации. В процессе подготовки информации используются методы теории вероятности, теоретической и математической статистики для организации выборочных исследований, оценки достоверности данных.

5) Численное решение. Этот этап включает разработку алгоритмов численного решения задачи.

6) Анализ численных результатов и их применение. На этом этапе решается вопрос о верности и полноте итогов моделирования [1].

Задача. Небольшая фирма производит книжные шкафы и столы. На изготовление одного книжного шкафа расходуются $1,5 \text{ м}^2$ древесно-стружечной плиты, 1 м^2 пластика и 3 человеко-часов рабочего времени. Аналогичные данные для стола: 2 м^2 древесно-стружечной плиты; $2/3 \text{ м}^2$ пластика и 2,5 человеко-часа. Прибыль от реализации одного книжного шкафа составляет 5000 руб., стола – 4000 руб. В течение одного месяца в распоряжении фирмы имеются: 360 м^2 древесно-стружечной плиты, 160 м^2 пластика и 560 человеко-часов рабочего времени. В каких количествах следует ежемесячно выпускать книжные шкафы и столы, чтобы ожидаемая месячная прибыль была максимальной? Какова эта прибыль?

Решение. Обозначим через x_1 число выпускаемых книжных шкафов и через x_2 число столов. Общая прибыль составит $z = 5000x_1 + 4000x_2$. Древесно-стружечной плиты потребуется $1,5x_1 + 2x_2$ единиц в месяц. Запас древесно-стружечной плиты ограничен величиной 360 м^2 , значит, требуется ввести ограничение: $1,5x_1 + 2x_2 \leq 360$. Для пластика получаем второе ограничение: $x_1 + 2/3x_2 \leq 160$. И третье ограничение для человеко-часов: $3x_1 + 2,5x_2 \leq 560$.

Получим экономико-математическую модель задачи:

$$z = 5000x_1 + 4000x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 1,5x_1 + 2x_2 \leq 360; \\ x_1 + 2/3x_2 \leq 160; \\ 3x_1 + 2,5x_2 \leq 560; \\ x_1 \geq 0; \quad x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Решим эту задачу графически. Допустимые планы располагаются в 1-ой четверти, т.к. $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$ (рисунок 1).

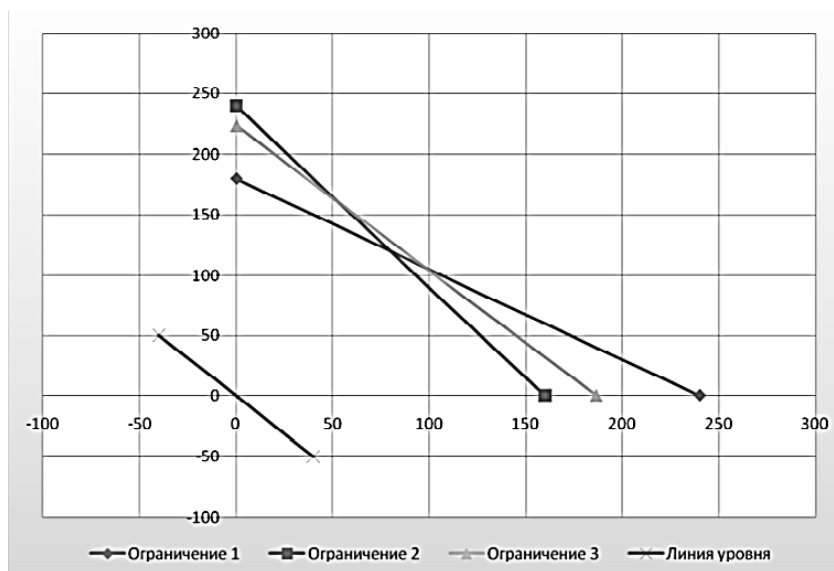


Рисунок 1 – Ограничения задачи

Ограничения выделяют четырехугольник OABC – область допустимых значений (рисунок 2). Исследуем функцию $z = 5000x_1 + 4000x_2$. Для всех точек прямой, перпендикулярной вектору n функция имеет одно и то же значение. Таким образом, двигая линию уровня перпендикулярно вектору n , можно найти точку максимума. В точке максимума прямая полностью выходит из области определения, значит, точка B будет точкой максимума (рисунок 2).

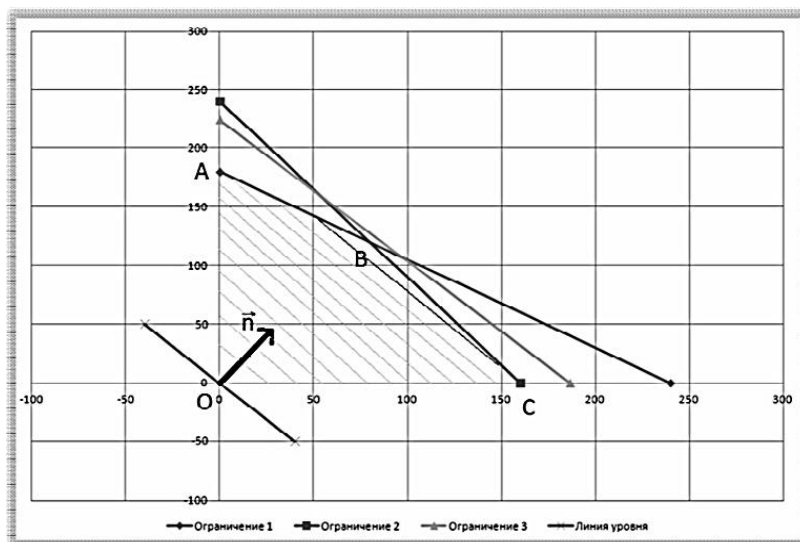


Рисунок 2 – Нахождение точки максимума

Найдем координаты точки B как пересечение первой и второй линий ограничений:

$$\begin{cases} 1,5x_1 + 2x_2 = 360; \\ x_1 + 2/3x_2 = 160. \end{cases}$$

Решение системы уравнений: $x_1 = 80$, $x_2 = 120$.

Найдем максимум прибыли: $z = 5000 \cdot 80 + 4000 \cdot 120 = 880000$.

Ответ: Для получения максимальной прибыли в размере 880000 рублей следует ежемесячно выпускать 80 книжных шкафов и 120 столов.

Применение математики в экономической науке дало толчок в развитии как самой экономической науке, так и прикладной математике в части методов экономико-математической модели [2-5]. Экономико-математическое моделирование позволяет заранее оценить последствия каждого решения, рекомендовать преимущественно удачные варианты и отставить недопустимые.

Библиографический список

1 Электронный ресурс.- Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/emodel/00660533_0.html.

2. Вахнина О.В., Клочков Ю.В. Специфика научного подхода – элемент методологического ориентира преподавания в вузе // В сборнике: Ценностно-гуманитарная парадигма формирования нового поколения специалистов в условиях развития цифровой среды. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 274-277.

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

4. Чернышкова В.И., Вахнина О.В. Роль матричного метода в экономике // В книге: Горинские чтения. Инновационные решения для АПК. Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. 2020. С. 188.

5. Гришина Л.В., Вахнина О.В. Элементы векторной алгебры в задачах экономического содержания // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы международной научно-практической конференции. Самарская государственная сельскохозяйственная академия. Кинель, 2016. С. 547.

ДИНАМИКА КЛИНИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА БОЛЬНЫХ С ОСТРОЙ КИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТЬЮ

Сопромадзе С.Ш.

Научный руководитель: канд. мед. наук, доцент Богословская Е.Н.

*Курский государственный медицинский университет,
г. Курск, e-mail: sandro_sopromadze@mail.ru*

Одной из частых причин экстренной госпитализации в хирургический стационар и проведения неотложных оперативных вмешательств является острая кишечная непроходимость (ОКН). ОКН представляет собой нарушение эвакуаторной функции кишечника. При ней применяются единые принципы диагностики и способы лечения как консервативные, так и хирургические. Послеоперационная летальность при ОКН остается высокой и составляет 13-40% [3]. Высокую летальность обуславливает позднее обращение больных в стационар, пожилой возраст и наличие сопутствующей патологии [4]. Знание современных алгоритмов диагностики и лечения ОКН является необходимым для врачей разных специальностей, так как данная патология требует неотложной медицинской помощи, адекватность оказания которой позволяет спасти жизнь пациента [2].

Ключевые слова: острая кишечная непроходимость, сопутствующие заболевания, осложнение, причины, тактика лечения.

Цель исследования: проанализировать течение периоперационного периода у больных с кишечной непроходимостью, находящихся в ОБУЗ КГКБ СМП за 2018-2019 год.

Материалы и методы исследования. Было проведено рандомизированное исследование 20 историй болезней больных с диагнозом «острая кишечная непроходимость», находящихся на лечении в ОБУЗ КГКБ СМП за 2018-2019 год.

Результаты исследования. Среди исследуемых пациентов с ОКН 8 (40 %) мужчин и 12 (60 %) женщин. Средний возраст всех пациентов составил 63 ± 6 лет.

При оценке объективного статуса по ASA пациенты были распределены следующим образом: IIЕ класс – 23 %, IIIЕ класс - 69 %, IVЕ класс – 8 %.

При анализе сопутствующих заболеваний выявлено, что у 7 пациентов (35 %) имеется гипертоническая болезнь, у 4 (20 %) - язвенная болезнь, у 3-х (15 %) сахарный диабет, у 3-х (15 %), пиелонефрит, у 2-х (10 %) – имелась хроническая почечная недостаточность (рисунок 1).

Средняя длительность заболевания до обращения в стационар составила $16 \pm 1,4$ ч. Причиной возникновения острой кишечной непроходимости в 65 % случаях явилась обтурационная кишечная непроходимость, а 35 % - динамическая кишечная непроходимость.

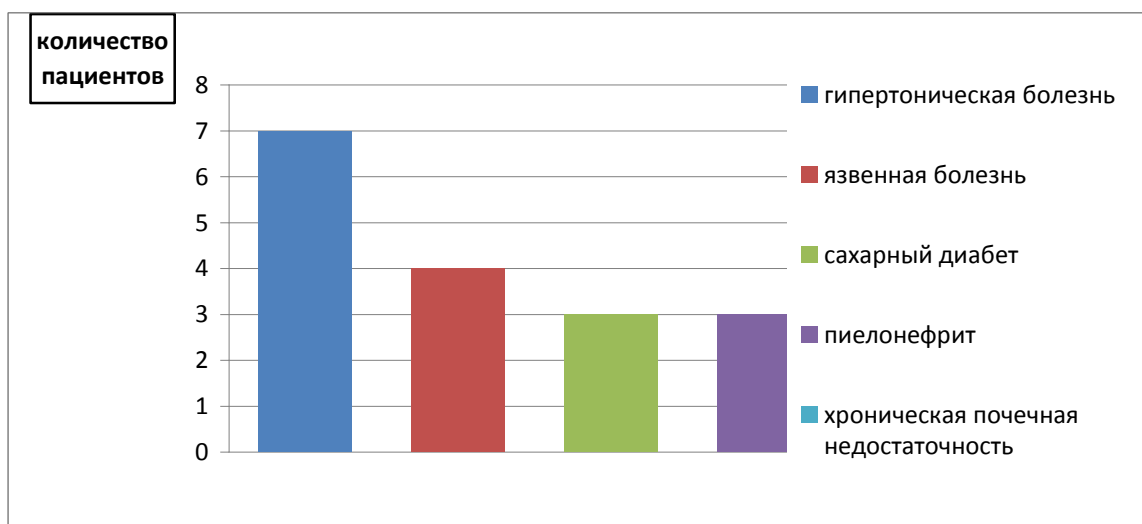


Рисунок 1 - Сопутствующие заболевания у пациентов с ОКН

В ходе анализа историй болезней было установлено, что у 8 пациентов (40 %) острая кишечная непроходимость была осложнением спаечной болезни; у 4 пациентов (20 %) – опухолевого процесса; у 1 пациента (5 %) ОКН была осложнением дивертикулярной болезни; у 7 пациентов (35 %) ОКН явилась осложнением колитов (рисунок 1).

Консервативная терапия проводилась 35 % пациентам, а 65 % пациентам выполнялись оперативные вмешательства.

Для предоперационной подготовки больным проводилась постановка желудочного зонда, инфузионная терапия с использованием растворов как кристаллоидов, так и коллоидов. Объем и качество терапии зависели от тяжести состояния пациента, сочетанной патологии и степени дегидратации, гиповолемии и эндотоксикоза.

Всем пациентам оперативное вмешательство выполнялось в условиях в/в многокомпонентной сбалансированной анестезии с ИВЛ.

Проводились следующие оперативные вмешательства: лапаротомия, дренирование брюшной полости резекция поражённого участка кишечника, наложение анастомозов, интестинолиз, назоинтестинальная интубация,.

Все пациенты, которым проводились оперативные вмешательства, после операции были транспортированы в отделение реанимации и интенсивной терапии для проведения продленного ИВЛ, мониторинга жизненно важных функций и проведения инфузионно-трансфузионной терапии с целью коррекции гиповолемии и детоксикации. Летальных исходов среди исследуемых пациентов не было.

Анализ исследуемых историй показал, что острая кишечная непроходимость чаще встречается у лиц пожилого возраста, имеющих тяжелую сопутствующую патологию, которая усугубляет тяжесть состояния больных с острой кишечной непроходимостью.

Установлено, что у 8 пациентов (40 %) острая кишечная непроходи-

мость была осложнением спаечной болезни; у 4 пациентов (20 %) – опухолевого процесса; у 1 пациента (5 %) ОКН была осложнением дивертикулярной болезни; у 7 пациентов (35 %) ОКН явилась осложнением колитов.

У многих пациентов наблюдались сопутствующие заболевания: гипертоническая болезнь (35 %), язвенная болезнь (20 %) сахарный диабет (15 %), пиелонефрит (15 % случаев), хроническая почечная недостаточность (10 %), которые усугубляли тяжесть течения острой кишечной непроходимости.

Адекватная предоперационная и послеоперационная терапия пациентов способствует уменьшению риска развития осложнений и летального исхода.

Библиографический список

1. Долишний В.Н., Шигаев М.Ю. Внутрибрюшное давление при острой тонкокишечной непроходимости //Вестник хирургии имени ИИ Грекова. – 2007. – Т. 166. – №. 3.

2. Маев И. В. и др. Острая кишечная непроходимость (методические рекомендации) //Доказательная гастроэнтерология. – 2013. – №. 1. – С. 36-51.

3. Снегирев И. И., Миронов В. И., Башлыков Д. В. Острая кишечная непроходимость неопухолевого генеза: диагностика и лечение //Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2010. – Т. 99. – №. 8.

4. Миннуллин М. М., Красильников Д. М., Толстикова А. Д. Острая кишечная непроходимость. Диагностика. Хирургическое лечение //Практическая медицина. – 2015. – №. 6 (91).

УДК 536.7

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛОРИДА Sm_3Cl_7 ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 298, 15К

Зайцев Н.С., Бендре Ю.В., Лежава С.А.

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

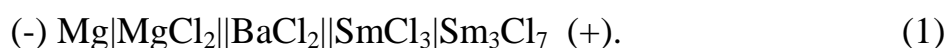
*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: koax@sibsiu.ru*

Измерена ЭДС твёрдофазного гальванического элемента (-)Mg|MgCl₂||BaCl₂||SmCl₃|Sm₃Cl₇ (+) в интервале температуры 573 – 693 К. Экспериментальные данные обработаны по методу II закона термодинамики с привлечением литературных значений термодинамических характеристик компонентов ЭДС-образующей реакции. Получены значения стандартной энергии Гиббса образования, стандартной энтальпии образования и стандартной энтропии хлорида Sm₃Cl₇ при температуре 298,15 К.

Ключевые слова: метод ЭДС, хлориды самария, твёрдофазный гальванический элемент, метод II закона термодинамики, термодинамические ха-

рактеристики.

Известны многие промежуточные хлориды в системах $\text{LnCl}_3 - \text{Ln}$, однако термодинамические характеристики фактически ни одного из них, в том числе и из серии составов $\text{Ln}_n\text{Cl}_{2n+1}$ не определены [1]. Нами установлено [2] образование промежуточного хлорида Sm_3Cl_7 в системе $\text{SmCl}_3 - \text{SmCl}_2$. Особенность последней заключается в том, что данный хлорид – единственный в интервале температуры от 298,15 К до 760К в интервале составов от SmCl_3 до SmCl_2 . Это открывает возможность определить термодинамических свойств Sm_3Cl_7 на базе измерения ЭДС твёрдофазных гальванических элементов, в частности:



В этом гальваническом элементе BaCl_2 служит униполярным Cl^- -ионным электролитом, а при установленной экспериментально полярности элемента и подтверждённом рентгенофазовым анализом (РФА) составе электродов ЭДС-образующей является реакция:



Электрохимические реакции в этом гальваническом элементе следующие:



Методики приготовления электродов и электролита BaCl_2 в виде твёрдых таблеток, составления гальванических элементов в специальной ячейке и измерения ЭДС на вакуумной установке рассмотрены в [3]. Использовали металлический самарий марки СММ-1. Трихлорид SmCl_3 синтезировали по способу [4]. Дихлорид самария получали по методике [5]. Безводный MgCl_2 получали также хлорированием оксида MgO тетрахлоридом углерода аналогично способу [4], но затем полученный продукт очищали дистилляцией в вакууме.

Полученные вещества анализировали на содержание самария (комплексометрическое титрование с трилоном Б) и хлора (гравиметрия, осаждение в виде AgCl). В результате анализов найдено (масс. %):

образец SmCl_3	Sm - $58,4 \pm 0,2$ (теоретически 58,57);
	Cl - $41,5 \pm 0,1$ (теоретически 41,43);
образец SmCl_2	Sm - $67,65 \pm 0,3$ (теоретически 67,95);
	Cl - $32,1 \pm 0,1$ (теоретически 32,05);
образец MgCl_2	Cl - $74,7 \pm 0,5$ (теоретически 74,47).

Поскольку Sm_3Cl_7 содержит 66,7 мол.%, SmCl_2 , то смеси для таблеток электрода $\text{SmCl}_3|\text{Sm}_3\text{Cl}_7$ приготавливали для параллельных опытов сплавлением SmCl_3 и SmCl_2 с содержанием 20, 40, 65 мол.% SmCl_2 . Методом РФА были установлены однофазность синтезированных SmCl_3 и SmCl_2 , а затем отсутствие посторонних фаз в приготовленных смесях для таблеток электрода.

Результаты измерения ЭДС приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 - Значения ЭДС гальванического элемента (1) в зависимости от температуры (τ – продолжительность эксперимента)

№ опыта	Состав правого электрода, X(SmCl ₂), мол. %	Температура, Т, К	ЭДС, Е, В	Температура, Т, К	ЭДС, Е, В
1, $\tau = 10$ ч	20	633	1,1310	653	1,1386
		673	1,1464	693	1,1522
		603	1,1230	573	1,1120
2, $\tau = 11$ ч	40	633	1,1307	663	1,1421
		683	1,1486	703	1,1537
		613	1,1242	593	1,1173
3, $\tau = 9$ ч	66	623	1,1316	643	1,1403
		673	1,1526	693	1,1580
		583	1,1170		

Термодинамические характеристики ЭДС-образующей реакции (2) для средневзвешенной температуры интервала измерений приведены в таблице 2. Для их расчёта использовали известные соотношения между термодинамическими свойствами реакции [$\Delta_r G^\circ(T)$, $\Delta_r H^\circ(T)$, $\Delta_r S^\circ(T)$] и связь между ЭДС элемента и стандартной энергией Гиббса ЭДС-образующей реакции.

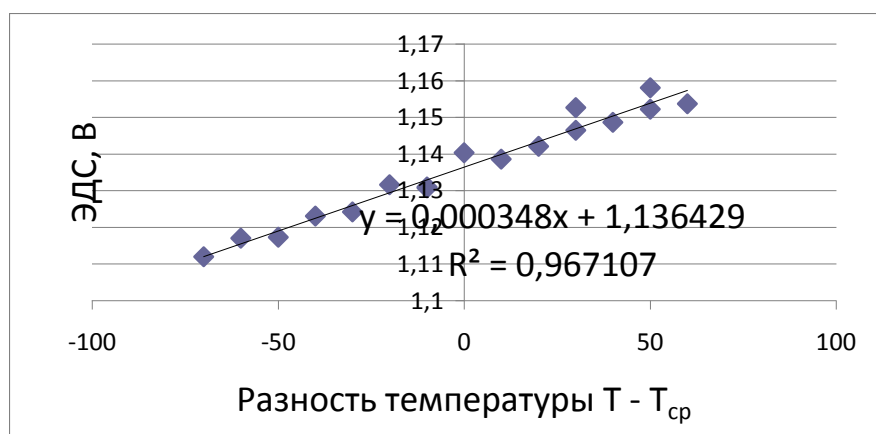


Рисунок 1 - Зависимость ЭДС элемента (1) от температуры ($T_{cp} = 643$ К)

Температурная зависимость ЭДС (Е, В) элемента (1) выражается уравнением:

$$E(1) = (1,1364 \pm 0,0030) + (3,48 \pm 0,30) \cdot 10^{-4} \cdot (T - T_{cp}), \text{ В.} \quad (5)$$

Таблица 2 - Термодинамические характеристики ЭДС-образующей реакции (2)

$T_{cp}, \text{ К}$	$E_{cp}, \text{ В}$	$\Delta_r G^\circ(T_{cp}), \text{ кДж}$	$\Delta_r H^\circ(T_{cp}), \text{ кДж}$	$\Delta_r S^\circ(T_{cp}), \text{ Дж/К}$
643	1,136 \pm 0,003	-219,3 \pm 0,6	-176,1 \pm 3,8	67,2 \pm 5,8

Поскольку стандартная энтропия хлорида Sm₃Cl₇ экспериментально не определена, то расчёт термодинамических характеристик реакции (2) при температуре 298,15К проводили по методу II закона термодинамики. Ис-

пользовали стандартные теплоёмкости Mg, MgCl₂ из [6] и SmCl₂, SmCl₃ из [7]. Стандартную теплоёмкость Sm₃Cl₇ оценивали по правилу аддитивности:

$$C_p^\circ(\text{Sm}_3\text{Cl}_7) = 2C_p^\circ(\text{SmCl}_2) + C_p^\circ(\text{SmCl}_3). \quad (6)$$

При этом для теплоёмкости реакции (2) в интервале температуры 298,15 – 700 К получили уравнение:

$$\Delta_r C_p^\circ(2) = 18,379 + 1,92 \cdot 10^{-3} T - 2,2 \cdot 10^{-5} T^2. \quad (7)$$

Термодинамические характеристики ЭДС-образующей реакции (2) при температуре 298,15 К приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Термодинамические характеристики ЭДС-образующей реакции (2) и термодинамические свойства хлорида Sm₃Cl₇ при температуре 298,15К

$\Delta_r G^\circ$ (298,15К), кДж	$\Delta_r H^\circ$ (298,15К), кДж	$\Delta_r S^\circ$ (298,15К), Дж/К	$\Delta_f G^\circ$ (Sm ₃ Cl _{7,к} , 298,15К), кДж/моль	$\Delta_f H^\circ$ (Sm ₃ Cl _{7,к} , 298,15К), кДж/моль	S° (Sm ₃ Cl _{7,к} , 298,15К), Дж/К
-197,7±1,8	-181,0±4,0	56,0±6,0	-2817,5±3,0	-2615,3±5,0	450,4±7,0

По термодинамическим характеристикам ЭДС-образующей реакции (2) на основании обобщённого закона Гесса рассчитывали термодинамические свойства хлорида Sm₃Cl₇ (таблица 3). При этом стандартные энтальпии образования, стандартные энергии Гиббса образования и стандартные энтропии для Mg, MgCl₂ использовали из [6], а для SmCl₃ - из [7].

Библиографический список

1. Gmelin Handbook of Inorganic Chemistry. 8 – th Edition. Sc, Y, La – Lu Rare Earth elements. Berlin; Heidelberg; N.Y.: Springer – Verlag, 1982. 272 p.
2. Лаптев Д.М., Горюшкин В.Ф., Астахова И.С., Полякова Г.Г. // Журн. неорган. химии. – 1979. Т.24. - №5. – С. 1311.
3. Горюшкин В.Ф., Пошевнева А.И., Подсевалов В.П. // Журн. физ. химии. – 1992. Т.66. - №12. – С. 3391.
4. Горюшкин В.Ф., Пошевнева А.И., Емельянов В.С. Способ получения безводных трихлоридов лантанидов // А.с. 1675209 СССР, С 01 F 17/10. Б.И. 1991. №33.
5. Лаптев Д.М., Горюшкин В.Ф., Кулагин Н.М., Воронцов Е.С. // Журн. неорган. химии. – 1976. Т.21. - №10. – С. 2616.
6. Электронный ресурс.- Режим доступа: <https://janaf.nist.gov/tables>
Дата обращения 19.04.21
7. Червонный, Александр Дмитриевич. Термодинамические свойства фторидов и хлоридов лантана и лантаноидов в газообразном и конденсированном состояниях : диссертация доктора химических наук : 02.00.04 / Червонный Александр Дмитриевич; [Место защиты: Ин-т проблем хим. физики РАН]. – Черногловка, 2010. – 464 с.

УДК 630.377.4

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСНЫХ МАШИН МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА

Черник К.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Черник Д.В.

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск, e-mail: Kristi.Blueberry@yandex.ru*

Дана характеристика конструкции манипулятора. Рассмотрены достоинства и недостатки лесных машин, оборудованных гидроманипулятором. Охарактеризовано преимущество использования машин манипуляторного типа перед другими типами машин.

Ключевые слова: лесная машина, манипулятор, технологическое оборудование, рабочий орган, захват.

Манипуляторами называют дистанционно управляемые механизмы, которые выполняют движение функционально аналогичные движению руки человека. Манипуляторы обладают большим числом степеней свободы, а также способны захватывать грузы и перемещать их в любую точку рабочей зоны машины, придавая им нужное положение [1-3].

Машины, у которых в качестве технологического оборудования установлены манипуляторы, широко применяются в лесной отрасли. На лесозаготовках такие машины используются на следующих операциях: валка, валка-пакетирование, подбор и трелевка ранее поваленных деревьев, штабелевка сортиментов, подача деревьев к сучкорезным устройствам, обрезка сучьев, раскряжевка хлыстов, погрузка-разгрузка и т. д. [2].

Гидравлический манипулятор является важнейшим элементом технологического оборудования большинства современных лесных машин (лесовозов, сортиментовозов, валочно-пакетирующих машин, харвестеров, форвардеров и т.д.) и других самоходных погрузочно-транспортных средств, в связи с этим вопросы эффективного использования манипуляторов приобретают особую значимость [1].

В лесной промышленности наибольшее применение получили машины, оборудованные комбинированным манипулятором, состоящим из шарнирно-сочлененных и телескопических звеньев. Такие машины нашли свое применение практически на всех операциях. Данный тип манипулятора, за счет своих шарнирно-сочлененных звеньев, обеспечивает легкий доступ рабочего органа к предмету труда, а телескопическое звено увеличивает зону

обслуживания [1,2].

Гидроманипуляторы нового поколения имеют ряд достоинств: унифицированные аутригеры, большая грузоподъемность, конструкция выполнена из высокопрочной стали, гидрораспределители позволяют с высокой точностью и плавностью выполнять операции. К примеру, отличительная особенность гидроманипулятора компании ВЕЛМАШ ОМТЛ-70-01 заключается в его z-образной схеме складывания в транспортное положение, что позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с гидроманипуляторами другими схемами складывания: оптимальная развесовка лесовоза, открытый доступ к моторному отсеку бескапотных автомобилей КАМАЗ и МАЗ для выполнения работ по ремонту двигателя, за счет компактности z-образной схемы манипулятор в транспортном положении находится за кабиной лесовоза, а не над ней (отсутствует передняя стойка, на которую манипулятор помещается в транспортном положении при продольной схеме складывания), за счет этого достигается максимальная обзорность, а за счет снижения центра тяжести, по сравнению с продольной схемой складывания, повышается устойчивость и управляемость автомобиля.

Распространение машин с гидроманипуляторами объясняется следующими их преимуществами перед другими типами машин:

- широкий спектр технологических возможностей: одна машина способна выполнять множество операций (валка, обрезка сучьев, раскряжевка, погрузка, разгрузка, транспортировка);

- отсутствие необходимости в точном позиционировании машины относительно дерева;

- способность работать на больших уклонах, 15-20°, что расширяет возможности применения таких машин на различных видах работ, как при сплошных, так и при выборочных рубках;

- высокая производительность за счет высокого быстродействия исполнительных механизмов;

- возможность обеспечить высокую степень унификации машин различного назначения по звеньям рычажных механизмов, по гидроагрегатам и т. д.;

- обеспечение удобных и безопасных условий труда оператора, выполнение всех операций полностью машинным способом, без применения ручного труда.

- автономность работы, что значит независимость от других погрузочно-разгрузочных механизмов и, как следствие, сокращение простоев в ожидании погрузки и разгрузки;

- повышение коэффициента использования рабочего времени;

- снижение трудозатрат и стоимости погрузочно-транспортных работ.

К недостаткам можно отнести:

- увеличение собственной массы базовой машины на величину погрузочного и вспомогательного оборудования;

- ухудшение соотношения грузоподъемностей коников автомобиля и прицепа;

- рост удельного расхода топлива, необходимого годового пробега, износа шин, амортизационных отчислений и стоимости вывозки древесины;

- необходимость более квалифицированного технического обслуживания.

Конструкция манипулятора позволяет оснащать его сменными рабочими органами для выполнения различных работ. Рабочие органы могут включать в себя один элемент, например, захват, либо несколько элементов, например, захват и упор для хлыстов. Упор крепится к рукояти или стреле манипулятора и может быть либо жестко закрепленным, либо подвижным. Грейферные захваты с перекрывающимися челюстями применяются для погрузки круглого леса. Один и тот же манипулятор в зависимости от размеров погружаемых лесоматериалов может быть оснащен одним из трех-четырех таких захватов, управляемых одной и той же гидравлической аппаратурой и различающихся, главным образом, размерами челюстей [4,5].

Исходя из того, что в настоящее время наблюдается устойчивая тенденция применения комбинированных манипуляторов – шарнирно-сочлененных с телескопической рукоятью. Манипуляторы такого типа наиболее эффективно решают проблему расширения рабочего пространства при ограниченных размерах стрелы. Увеличение длины рукояти осуществляется за счет выдвигания телескопических звеньев. Если такое звено одно, то оно выдвигается обычным гидроцилиндром. Если телескопических звеньев два или три, то используется более сложная схема привода или, реже, – телескопический гидроцилиндр. Большинство современных манипуляторов, имеют два выдвигных звена [6,7].

Таким образом, машины, оборудованные гидроманипуляторами позволяют выполнять операции машинным способом без применения ручного труда (валка, раскряжевка, погрузка, разгрузка), работают на больших уклонах (15-20°), что расширяет возможности применения таких машин на различных видах работ.

Библиографический список

1. Полетайкин, В. Ф. Комбинированные манипуляторы лесосечных и лесотранспортных машин. Динамика элементов конструкции : монография / В. Ф. Полетайкин, П. Г. Колесников. – Красноярск : СибГТУ, 2014. – 167 с.

2. Александров, В.А. Конструирование и расчет машин и оборудования для лесосечных работ и нижних складов: учебник / В.А. Александров, Н.Р. Шоль. – СПб. : Издательство Лань, 2010. – 256 с.

3. Черник Д. В., Равковский А.В. Использование компьютерных технологий при проектировании лесных машин // Хвойные бореальной зоны. 2019. № 2. С. 158-161.

4. Швец А.В. Анализ рабочих органов лесных манипуляторов / А.В. Швец, В.В. Савина, Р.Г. Асбаутдинов, В.А. Сопига, Т.А. Яковенко // Вестник

научных конференций. – 2016.- № 3-2 (7). – С. 112-116

5. Добрачев А.А. Кинематические схемы, структуры и расчет параметров лесопромышленных манипуляторных машин: монография / А.А. Добрачев, Л.Т. Раевская, А.В. Швец. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. – 128 с.

6. Сюнев, В.С. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет: учебное пособие / В. С. Сунёв, А.А. Селиверстов, Ю. Ю. Герасимов, А. П. Соколов. – Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии METLA, 2011. – 143 с.

7. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование: монография / З. К. Емтыль, И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, П. И. Попиков ; под редакцией И. М. Бартенева. — Москва : ФЛИНТА, 2011. — 408 с.

УДК 621.865

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ И РОБОТОТЕХНИКИ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Черник К.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Черник Д.В.

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск, e-mail: Kristi.Blueberry@yandex.ru*

Дана характеристика четырем поколениям лесной техники, которые отражают ее техническую сложность, технологические возможности и эффективность. Подробно рассмотрено четвертое поколение лесной техники, оснащенное мехатронными системами. Приведены примеры внедрения робототехники в лесозаготовительную промышленность.

Ключевые слова: мехатронные системы, робототехника, лесная машина, Industrie 4.0, харвестер, форвардер.

В последние годы интенсивно развивается лесозаготовительная промышленность, в связи с этим возникает необходимость применения и внедрения многофункциональной, высококачественной и многооперационной техники, которая сможет в полной мере рационализировать и оптимизировать производственный процесс.

На сегодняшний день современный производственный процесс в лесном хозяйстве практически полностью механизирован. Механизация предполагает широкое применение машин и механизмов, заменяющих ручные средства труда. Целью механизации является повышение производительности, уменьшение себестоимости заготавливаемых лесоматериалов, освобождение человека от выполнения тяжелых и трудоемких операций. Это одно из ведущих направле-

ний научно-технического прогресса, которое служит материальной основой повышения эффективности лесохозяйственного производства.

Лесные машины представляют собой комплекс специализированных машин, транспортных средств и модульных агрегатов, предназначенных для механизации различных трудоемких технологических процессов, во время заготовки и транспортировки древесины [1, 2].

Полностью механизированная заготовка леса стала основным способом получения лесоматериалов. За весь период времени с начала механизации было спроектировано и изготовлено множество разнообразных машин и механизмов. Например, мульчеры – для удаления низкорослой растительности, валочно-пакетирующие машины – для спиливания стволов деревьев и укладки их пачками, харвестеры (лесозаготовительные комбайны) – для валки, раскряжевки и протяжки деревьев, обрезки веток и сучьев, форвардеры (тягач-погрузчик) – для сбора, подсортировки, доставки сортиментов от места заготовки до лесовозной дороги или склада, трелевочный трактор – для механической транспортировки срубленных деревьев, лесовозы – для перевозки лесоматериалов.

Авторы в работе [3] условно раздели лесную технику на четыре поколения, которые отражают ее техническую сложность, технологические возможности и эффективность:

1. Техника, при использовании которой требуется ручной труд (например, трелевочный трактор с чокерным оборудованием МТЧ-4, ТТ-4М, ТДТ-55А).

2. Техника, исключаяющая ручной труд и способная производить одну технологическую операцию (например, валочные машины ВМ-4, трелевочный трактор с бесчокерным оборудованием МСН-10, ЛП 18К).

3. Многооперационная техника (например, валочно-пакетирующие машины ЛП-17А, ЛП-19, Tigercat 822D валочно-трелевочные машины ЛП-17, ВМ-4А, ЛП-49, харвестеры Rottne H21D, PONSSE Beaver, John Deere 1070G).

4. Многооперационная техника, снабженная бортовыми компьютерами (например, харвестеры и форвардеры зарубежных фирм-производителей John Deere, Ponsse, Valmet, Komatsu и др.).

Техника, которую можно отнести к четвертому поколению, характеризуется тем, что установленные на машинах бортовые компьютеры включаются в технологический процесс. При этом достигается автоматичность выполнения некоторых функций, например, управление силовой установкой, программируемая раскряжевка (для харвестеров и процессоров), маркировка и учет изготовленных сортиментов, контроль технического состояния машины, поддержание экологически безопасных режимов работы и т.д. [3]. Так, например, производитель Tigercat предлагает телематическую систему для оперативного контроля за техникой, которая позволяет отслеживать при помощи спутниковой передачи данных операции по лесозаготовке [4]. Произ-

водитель PONSSE также предлагает системы контроля и мониторинга для лесозаготовки, которые повышают эффективность планирования и управления лесозаготовками на всех этапах, например, автоматическая раскряжевка, где программа выбирает породу дерева, желаемые сортименты и размеры, распределение бревен и таблицы с цветовой маркировкой [5].

Для обеспечения возможности управления технологическим процессом с помощью вычислительных систем необходимы технические устройства принципиально нового класса. Проблемы синтеза и использования данных устройств рассматривает специализированная сфера науки – мехатроника [3].

Мехатроника – область науки и техники, основанная на системном объединении узлов точной механики, датчиков состояния внешней среды и самого объекта, источников энергии, исполнительных механизмов, усилителей, вычислительных устройств. Мехатронная система – единый комплекс электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники, между которыми осуществляется постоянный динамически меняющийся обмен энергией и информацией, объединенный общей системой автоматического управления, обладающей элементами искусственного интеллекта [6].

В состав мехатронной системы входят следующие основные компоненты:

- механическое устройство, конечным звеном которого является рабочий орган;
- блок приводов, включающий силовые преобразователи и исполнительные двигатели;
- устройство компьютерного управления, верхним уровнем для которого является человек-оператор, либо вычислительная техника, входящая в компьютерную сеть.
- сенсоры, предназначенные для передачи в устройство управления информации о фактическом состоянии блоков машин и движении мехатронной системы [3].

Таким образом, первичным признаком, отличающим мехатронные системы, является наличие трех основных частей – механической (электромеханической), электронной и компьютерной, – связанных энергетическими и информационными потоками. Согласно этому признаку, лесозаготовительные машины четвертого поколения являются мехатронными системами. Однако, их степень автоматизации, как и уровень участия вычислительной техники в технологическом процессе, невелика [3].

Следует особо отметить, что отечественной промышленностью мехатронные компоненты для лесозаготовительных машин четвертого поколения не производятся.

Современная робототехника охватывает все больше производственных областей. Робототехника ориентирована на создание роботов и робототехнических систем, построенных на базе мехатронных модулей. Так, значи-

тельное место в процессе заготовки леса занимает валка с помощью валочных машин, транспортировка деревьев и хлыстов по лесосеке трелевочными тракторами. При этом большое распространение получает бесчokerная трелевка, осуществляемая стреловыми манипуляторами с захватами. Часто валка деревьев сочетается с пакетированием, трелевкой и другими операциями. К таким машинам можно отнести машины ЛП-49, ЛП-2, ЛП-19.

Специалистами компании ODETICS (США) осуществлено создание экспериментальной модели подвижного робота ODEX-1. Новая разработка относится к числу роботов шагающего типа с шестью конечностями шарнирного типа, которые крепятся к корпусу робота. В верхней части корпуса смонтирована грузовая площадка, а внутри размещены автономный источник питания и приборы системы управления. В нее входят семь микрокомпьютеров, шесть из которых служат для управления движением конечностей, а один — для общего управления. Система управления роботом имеет канал радиосвязи с оператором, используемый для дистанционного управления, а также для работы в интерактивном или в автономном режиме. Конечности робота могут быть использованы в качестве ног и рук. Функции рук могут выполняться одновременно тремя конечностями, при этом робот удерживается или передвигается на остальных трех конечностях. Робот обладает одинаковыми возможностями для передвижения в произвольном направлении, как по ровной, так и пересеченной местности, адаптируясь к ее рельефу. При этом он может преодолевать препятствия высотой до 0,8 м. По мнению разработчиков, ODEX-1 должен найти применение в таких областях деятельности человека, как лесное и сельское хозяйство, исследование суши, морей, космоса в качестве транспортного и обслуживающего средства, в здравоохранении, промышленности, а также в военном деле [7].

Одной из прогрессивных и высокотехнологичных лесозаготовительных машин в истории лесного машиностроения является уникальный шагающий харвестер Plusjack, разработанный исследователями компании Timberjack (сейчас John Deere). Экологический харвестер может работать на любых крутых и неровных поверхностях, двигаться в разных направлениях и разворачиваться на месте. При этом машина практически не оставляет следов своего движения на земле. Однако широкого применения он не получил по причине своей высокой стоимости и необходимости в транспортировке на лесосеку.

Японскими конструкторами создана машина для вырубki леса Tanaka Ioshizuku, имеющая восемь механических рук, попарно расположенных спереди, сзади и с боков. Машина смонтирована на гусеничном тракторе. Цепь для спиливания дерева установлена с гидроприводом на одной из рук. Другие руки служат для крепления машины, сталкивания дерева при пропилен. Управление дистанционное, с телекамерой или видеоизображением в зоне работы. Такой робот предназначен для ухода за лесом, прополки, подрезания, выборочной вырубki леса [7].

Кроме гусеничного шасси, могут быть применены самоходные шасси на колесном ходу, руки могут быть смонтированы на воздушном шаре, дирижабле. Применению таких роботов, как отмечают японские ученые, мешает широкий диапазон размеров лесоматериалов. Нужна жесткая стандартизация работ и материалов в лесу, необходимая для обеспечения выбора оптимальных параметров инструмента для конкретного вида работ и придания роботу функций измерения и диагностики [7].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что современные требования к лесозаготовительным и лесотранспортным машинам делают необходимым внедрение в их конструкцию блоков электронно-вычислительных машин, а также элементов, работающих под управлением этих блоков. Поэтому перед отечественной промышленностью стоит задача наладить производство данных устройств для применения их в отраслевых машинах. При этом технологии, применявшиеся ранее для проектирования узлов управления машинами и технологическим оборудованием, не годятся для использования. Возникает необходимость синтеза новых принципов проектирования с учетом изменившихся требований к продукции и возможностей производства. Базой для этого может служить мехатроника и робототехника. Следует приложить усилия, направленные на развитие данной науки с целью широкого внедрения ее достижений в производство.

Библиографический список

1. Булдаков, С.И. Транспорт леса. Том 1. Автомобильные лесовозные дороги: учеб. пособие / С.И. Булдаков, М.В. Савсюк. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016 – 97 с.
2. Куликов, А.В. Совершенствование организации перевозочного процесса лесоматериалов автомобильным транспортом/ А.В. Куликов, А.К Никитин // Молодой ученый. – 2017. – № 2(136). – С. 129-138.
3. Ворков, А.А. Мехатроника в системах управления технологическим оборудованием лесозаготовительных машин: [Электронный ресурс] // Научно-технические конференции; URL: http://science-bsea.narod.ru/2011/mol_2011/vorkov_mex.htm (дата обращения: 06.04.2021)
4. Официальный сайт компании Tigercat: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.tigercat.com/ru/> (дата обращения: 06.04.2021)
5. Официальный сайт компании PONSSE: [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ponsse.com/ru/produksiya#/> (дата обращения: 06.04.2021)
6. Горбенко, Т. И. Основы мехатроники и робототехники : учебное пособие [Электронный ресурс] / Т.И. Горбенко, М.В. Горбенко. – Томск : ТГУ, 2012. – 126 с. – Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/44908> (дата обращения: 06.04.2021). Режим доступа: для авториз. Пользователей.
7. Лозовецкий, В. В. Робототехнические комплексы — средства автоматизации технологических процессов и производств лесной промышленно-

сти : учебник [Электронный ресурс] / В.В. Лозовецкий, Е.Г. Комаров. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 568 с // Лань : электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/130161> (дата обращения: 06.04.2021). Режим доступа: для авториз. пользователей.

УДК 629.11

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛОЧНЫХ МАШИН ДЛЯ РУБОК УХОДА

Черник К.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Черник Д.В.

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск, e-mail: Kristi.Blueberry@yandex.ru*

Рассматриваются существующие конструкции машин для валки деревьев при выполнении лесозаготовительных работ. Приводится их описание, область применения, технические характеристики, а также достоинства и недостатки конструкторских решений. Даны рекомендации по использованию валочных машин на рубках ухода.

Ключевые слова: валка деревьев, валочная машина, харвестер, рубки ухода, конструкция.

Валочная машина – это лесозаготовительная машина, предназначенная для срезания и повала деревьев на лесосеке. В зависимости от выполняемых дополнительных операций различают валочно-сучкорезные, валочно-трелевочные, валочно-пакетирующие, валочно-сучкорезно-раскряжёвочные (харвестеры), валочно-сучкорезно-трелевочные машины. По виду движителя различают гусеничные, колесные и шагающие валочные машины [1].

В настоящее время существует множество разработок валочных машин, но в большинстве своём они имеют типовую конструкцию и отличаются между собой незначительными модификациями. Рассмотрим некоторые решения, имеющие значительные отличия в конструкции.

Универсальная малогабаритная валочная машина ВМ-55 – машина предназначена для срезания и направленного повала деревьев при проведении рубок главного и промежуточного пользования леса, разработки просек при строительстве дорог, линий связи и электропередач, трасс нефте- и газопроводов, очистке территорий от лесной растительности, в условиях техногенного загрязнения лесов и в зонах стихийных бедствий [2].

Достоинства данной валочной машины заключаются в том, что она имеет маленький габаритный размер по ширине, компактное технологическое оборудование, высокая проходимость и к тому же гусеничный движи-

тель способствует меньшему давлению на грунт.

Таблица 1 - Технические характеристики ВМ-55

Наименование	Значение
Двигатель (дизельный)	Д 21 А1
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	18,7 (25)
Удельный расход топлива, г/кВт*ч	258
Скорость движения, км/ч	до 9,0
Тип режущего органа	пильная цепь
Максимальный диаметр срезаемого дерева, мм	до 450
Валочный момент, кН*м	10
Производительность, м ³ /час	8,0
Габаритные размеры, мм	
- длина	3000
- ширина	2000
- высота	2800
Эксплуатационная масса, кг	3600

Недостатки: очень узкая рабочая зона, при которой оператору приходится постоянно маневрировать, тем самым повреждая поверхностный слой почвы и здоровые культуры, а громоздкая конструкция для направления деревьев при валке ограничивает видимость оператора.

ЛП-19 Лестехком – самоходная машина с гусеничным типом движителя предназначена для выполнения лесозаготовительных работ, в которых применяется хлыстовая технология заготовки древесины. ЛП-19 используют для валки деревьев и последующего формирования их в пачки для дальнейшей транспортировки трелевочным трактором [3].

Таблица 2 - Технические характеристики ЛП-19 Лестехком

Наименование	Значение
Масса, кг	26000
Грузоподъемность при вылете манипулятора на 8 м, кг	3200
Наименьший вылет манипулятора, мм	3650
Скорость передвижения, км/ч	2,0-4,3
Среднее статическое давление на грунт, кПа	0,65
Расход топлива, л/час	20
Производительность по чистому времени работы при среднем объеме хлыста 0,5 м ³ , шт./час	60
Максимальный диаметр срезаемого дерева, м	0,9
Модель двигателя	ЯМЗ-238ГМ2
Мощность двигателя, л.с. (кВт)	240 (126)

Продолжение таблицы 1

Наименование	Значение
Габариты, мм	
- длина (при максимальном вылете манипулятора)	11600
- ширина	3150
- высота	3190
- агротехнический (дорожный) просвет	500

Достоинством такой самоходной валочной машины является совместное размещение кабины, манипулятора и корпуса двигателя на поворотной платформе, что позволяет оператору постоянно держать в поле зрения рабочую зону и полностью контролировать процесс валки. Шарнирно-сочлененная конструкция манипулятора, состоящая из двух звеньев (стрелы и рукояти), позволяет легко перемещать рабочий орган по всем направлениям и валить деревья на достаточно большом расстоянии. Гусеничный движитель способствует меньшему давлению на грунт и высокой проходимости машины. Конструкция захватно-срезающего устройства направлена на надежную фиксацию дерева во время валки.

Недостатки заключаются в том, что размещение кабины, манипулятора и корпуса двигателя на поворотной платформе создает большой момент инерции при поворотах платформы вокруг своей оси, что в свою очередь вызывает большие нагрузки на механизм поворота, для устранения которых было произведено усиление конструкции, что в свою очередь привело к увеличению массы и объему всей машины. Массивный рабочий орган может способствовать повреждению молодняка здоровых культур. К тому же для обеспечения максимального вылета при таком массивном рабочем органе выполнено соответствующее усиление всех элементов конструкции технологического оборудования, что делает конструкцию громоздкой.

Харвестер Ponsse Scorpion – самоходный лесозаготовительный комбайн, представляет собой трехрамный харвестер с вилочной стрелой. Выполняет такие работы как, валка, обрубка сучьев, раскряжевка и сортировка. Харвестер Scorpion предназначен для работы в сложных условиях и на неровной местности [4].

Таблица 3 - Технические характеристики Ponsse Scorpion

Наименование	Значение
Минимальный вес, кг	21200
Стандартный вес, кг	21900
Габариты, мм	
- длина	8020
- ширина	2630-3085
- дорожный просвет	655
- высота	3720

Продолжение таблицы 2

Наименование	Значение
Поворотный момент (общий), кН*м	57
Угол наклона платформы	$\pm 15^\circ, \pm 12^\circ$
Угол поворота	280°
Подъемный момент (общий), кН*м	252
Вылет манипулятора, м	10; 11
Минимальный вес харвестерной головки, кг	900
Максимальное раскрытие рабочего органа, мм	530

Достоинством данного лесозаготовительного комбайна является отдельное расположение кабины и технологического оборудования от корпуса двигателя, что позволяет уменьшить момент инерции при повороте манипулятора. К тому же кабина расположена по центру машины, что облегчает оператору обзор всей зоны охвата даже в густых лесах. Система активной стабилизации обеспечивает хорошую устойчивость машины, а геометрия стрелы манипулятора перемещается отдельно от кабины, что обеспечивает хороший обзор и баланс.

Несмотря на все достоинства машина является громоздкой для рубок осветления и прочистки. К тому же высокая стоимость машины делает нецелесообразным её использование на рубках осветления и прочистки. Стоимость машины может составлять около 80 млн. руб.

На основании проведенного сравнительного анализа валочных машин, можно сделать вывод, что несмотря на большое разнообразие конструкций валочных машин, большинство из них не являются малогабаритными и не способны заменить человеческий труд на рубках ухода в местах плотного роста культур, в том числе молодняка. К тому же громоздкость и дороговизна конструкций, а также излишняя многофункциональность делает эти машины не целесообразными в использовании на рубках осветления и прочистки.

Что касается конструкций технологического оборудования валочных машин, то наибольшее распространение получили машины, оборудованные шарнирно-сочлененным манипулятором, который работает по принципу функционирования человеческой руки и поэтому интуитивно прост в управлении. Также, для полного контроля процесса валки и минимизации влияния гусеничного шасси на почвенный покров, необходимо обеспечить вращение кабины вместе с технологическим оборудованием.

Библиографический список

1. Черник К.Н., Черник Д.В., Коршун В.Н. Скандинавская система лесозаготовительных машин на российском рынке // сборник статей Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Машиностроение: новые концепции и технологии» / СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2020. С. 207-209

2. Универсальная малогабаритная валочная машина ВМ-55 [Электронный ресурс] // URL: http://www.mir-lzm.ru/feller/vm_55.html (дата обращения: 06.04.2021)

3. Валочная машина ЛП-19 Лестехком [Электронный ресурс] // URL: <https://exkavator.ru/excapedia/technic/lestehkomlp-19> (дата обращения: 06.04.2021)

4. Харвестер Ponsse Scorpion [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ponsse.com/ru/produkcija/harvestery/produkt/-/p/scorpion#/> (дата обращения: 06.04.2021)

УДК 159.947.5

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Андреев А.С., Черненко У.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Ключков Ю.В.

*Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, e-mail: aandreev.07.1988@gmail.com*

Приводится алгоритм конечно-элементного расчёта тонкостенной цилиндрической оболочки нагруженной внутренним давлением при упруго-пластическом состоянии материала. Реализация предложенного алгоритма расчёта осуществляется с использованием деформационной теории пластичности с применением шаговой процедуры нагружения. В качестве элемента дискретизации выбран осесимметричный одномерный конечный элемент, являющийся фрагментом срединной поверхности тонкой оболочки.

Ключевые слова: тонкие оболочки, шаговая процедура нагружения, матрица пластичности, функционал Лагранжа.

Актуальная задача рационального использования инженерных конструкций включает в себя, в первую очередь, долгосрочную эксплуатацию технического сооружения. Отсюда возникает необходимость проведения анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) инженерной конструкции за пределом упругости её материала.

При упруго-пластическом деформировании конструкции возникающие деформации и напряжения нельзя связать между собой используя закон Гука. В этом случае при определении НДС тонкой оболочки возникает необходимость в использовании метода шагового нагружения.

Анализ НДС тонких оболочек за пределом упругости осуществляют обычно, основываясь на деформационной теории пластичности или теории пластического течения [1]. Деформационная теория пластичности с шаговой

процедурой нагружения основана на определении связи между приращениями компонент тензора напряжений и приращениями компонент тензора деформаций в произвольном слое оболочки, находящемся на расстоянии ξ от её срединной поверхности. Данную задачу можно решить двумя различными вариантами получения указанных соотношений. Первый вариант основан на использовании соотношений между приращениями компонент тензора деформаций и приращениями компонент тензора напряжений которые получаются путём использования операции дифференцирования компонент тензора деформаций по компонентам тензора напряжений:

$$\begin{aligned}
 \Delta \varepsilon_{11}^{\xi} &= \frac{\partial \varepsilon_{11}^{\xi}}{\partial \sigma_{11}} \Delta \sigma_{11} + \frac{\partial \varepsilon_{11}^{\xi}}{\partial \sigma_{22}} \Delta \sigma_{22} + \frac{\partial \varepsilon_{11}^{\xi}}{\partial \sigma_{12}} \Delta \sigma_{12}; \\
 \Delta \varepsilon_{22}^{\xi} &= \frac{\partial \varepsilon_{22}^{\xi}}{\partial \sigma_{11}} \Delta \sigma_{11} + \frac{\partial \varepsilon_{22}^{\xi}}{\partial \sigma_{22}} \Delta \sigma_{22} + \frac{\partial \varepsilon_{22}^{\xi}}{\partial \sigma_{12}} \Delta \sigma_{12}; \\
 \Delta \varepsilon_{12}^{\xi} &= \frac{\partial \varepsilon_{12}^{\xi}}{\partial \sigma_{11}} \Delta \sigma_{11} + \frac{\partial \varepsilon_{12}^{\xi}}{\partial \sigma_{22}} \Delta \sigma_{22} + \frac{\partial \varepsilon_{12}^{\xi}}{\partial \sigma_{12}} \Delta \sigma_{12}; \\
 \Delta \varepsilon_{33}^{\xi} &= \frac{\partial \varepsilon_{33}^{\xi}}{\partial \sigma_{11}} \Delta \sigma_{11} + \frac{\partial \varepsilon_{33}^{\xi}}{\partial \sigma_{22}} \Delta \sigma_{22} + \frac{\partial \varepsilon_{33}^{\xi}}{\partial \sigma_{12}} \Delta \sigma_{12}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Частные производные в равенствах (1) можно определить с помощью соотношений из деформационной теории пластичности [1], которые имеют следующий вид

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{11}^{\xi} &= (\sigma_{11} - \sigma_0) \frac{3\varepsilon_i}{2\sigma_i} + \frac{\sigma_0(1-2\nu)}{E}; \quad \varepsilon_{22}^{\xi} = (\sigma_{22} - \sigma_0) \frac{3\varepsilon_i}{2\sigma_i} + \frac{\sigma_0(1-2\nu)}{E}; \\
 \varepsilon_{12}^{\xi} &= \frac{3\varepsilon_i}{\sigma_i} \sigma_{12}; \quad \varepsilon_{33}^{\xi} = \frac{\sigma_0(1-2\nu)}{E} - \sigma_0 \frac{3\varepsilon_i}{2\sigma_i},
 \end{aligned} \tag{2}$$

где ν и E – коэффициент Пуассона и модуль упругости;

$\sigma_0 = (\sigma_{11} + \sigma_{22})/3$ - среднее нормальное напряжение;

σ_i, ε_i - интенсивности напряжений и деформаций.

Соотношения (2) получены с учетом общепринятой в теории тонких оболочек гипотезы о равенстве нулю нормальных напряжений в направлении нормали к срединной поверхности [2].

Второй вариант получения соотношений между приращениями компонент тензора деформаций и приращениями компонент тензора напряжений основан на применении гипотезы пропорциональности между приращениями компонент вышеуказанных тензоров. Исходя из этого соотношения (2) можно представить в виде следующих приращений указанных компонент

$$\begin{aligned}\Delta\varepsilon_{11}^{\xi} - \Delta\varepsilon_0^{\xi} &= (\Delta\sigma_{11} - \Delta\sigma_0) \frac{3\Delta\varepsilon_i}{2\Delta\sigma_i}; & \Delta\varepsilon_{22}^{\xi} - \Delta\varepsilon_0^{\xi} &= (\Delta\sigma_{22} - \Delta\sigma_0) \frac{3\Delta\varepsilon_i}{2\Delta\sigma_i}; \\ \Delta\varepsilon_{12}^{\xi} &= \frac{3\Delta\varepsilon_i}{\Delta\sigma_i} \Delta\sigma_{12}; & \Delta\varepsilon_{33}^{\xi} - \Delta\varepsilon_0^{\xi} &= -\Delta\sigma_0 \frac{3\Delta\varepsilon_i}{2\Delta\sigma_i},\end{aligned}\quad (3)$$

где $\Delta\varepsilon_0 = \Delta\sigma_0 / K$; $K = E / (1 - 2\nu)$; $\Delta\sigma_0 = (\sigma_{11} + \Delta\sigma_{22}) / 3$; $\Delta\varepsilon_0 = (\Delta\varepsilon_{11}^{\xi} + \Delta\varepsilon_{22}^{\xi} + \Delta\varepsilon_{33}^{\xi}) / 3$.

На основании равенств (2) и (3) формируются матричные зависимости следующего вида

$$\begin{aligned}\left\{ \Delta\varepsilon_{\alpha\beta}^{\xi} \right\} &= \left[D^I \right] \left\{ \Delta\sigma_{\alpha\beta} \right\}; & \Delta\varepsilon_{33}^{\xi} &= \left[y^I \right]^T \left\{ \Delta\sigma_{\alpha\beta} \right\}; \\ \left\{ \Delta\varepsilon_{\alpha\beta}^{\xi} \right\} &= \left[D^{II} \right] \left\{ \Delta\sigma_{\alpha\beta} \right\}; & \Delta\varepsilon_{33}^{\xi} &= \left[y^{II} \right]^T \left\{ \Delta\sigma_{\alpha\beta} \right\},\end{aligned}\quad (4)$$

где $\left\{ \Delta\varepsilon_{\alpha\beta}^{\xi} \right\}^T = \left\{ \Delta\varepsilon_{11}^{\xi} \Delta\varepsilon_{22}^{\xi} \Delta\varepsilon_{12}^{\xi} \right\}$; $\left\{ \Delta\sigma_{\alpha\beta} \right\}^T = \left\{ \Delta\sigma_{11} \Delta\sigma_{22} \Delta\sigma_{12} \right\}$, индекс I или II указывает на номер варианта получения соотношений между приращениями компонент тензора деформаций и приращениями компонент тензора напряжений.

Матрицу жесткости и столбец внешней нагрузки конечного элемента на $(j+1)$ -м шаге нагружения получают с помощью функционала Лагранжа, который выражает равенство работ внешних и внутренней сил на возможном перемещении на $(j+1)$ -м шаге нагружения [3, 4]

$$\Phi = \int_V \left\{ \Delta\varepsilon_{\alpha\beta}^{\xi} \right\}^T \left(\left\{ \sigma_{\alpha\beta} \right\} + \left\{ \Delta\sigma_{\alpha\beta} \right\} \right) dV = \int_F \left\{ \Delta U \right\}^T \left(\left\{ P \right\} + \left\{ \Delta P \right\} \right) dF, \quad (5)$$

где $\left\{ \sigma_{\alpha\beta} \right\}^T = \left\{ \sigma_{11} \sigma_{22} \sigma_{12} \right\}$ - строка напряжений за j предыдущих шагов нагружения в произвольном слое тонкой оболочки, отстоящей от срединной поверхности на расстоянии ξ ; $\left\{ \Delta U \right\}^T = \left\{ \Delta v^1 \Delta v^2 \Delta v \right\}$ - строка приращений компонент вектора перемещения точки срединной поверхности на $(j+1)$ -м шаге нагружения;

$\left\{ P \right\}^T = \left\{ P^1 P^2 P \right\}$; $\left\{ \Delta P \right\}^T = \left\{ \Delta P^1 \Delta P^2 \Delta P \right\}$ - строки внешней поверхностной нагрузки за j предыдущих шагов нагружения и на $(j+1)$ -м шаге нагружения соответственно.

В качестве примера был выполнен расчет тонкостенной конструкции, в форме кругового цилиндра с жесткими защемлениями на торцах оболочки и находящейся под действием внутреннего давления q . Расчеты были выполнены в двух вариантах. С увеличением числа шагов нагружения в обоих вариантах прослеживалась удовлетворительная сходимости вычислительного процесса. Значения полученных напряжений как в жесткой заделке, так и в середине пролёта оболочки, вычисленные первым и вторым способом показывают практически одинаковые результаты.

В результате анализа вычисленных параметров НДС был сделан вывод, что использование второго варианта предпочтительней, так как это

облегчает процедуру программирования и позволяет получить приемлемые по точности значения напряжений при относительно небольшом количестве шагов нагружения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-41-343003 r_mol_a.

Библиографический список

1. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести: учебник для студентов вузов / Н.Н. Малинин. - М.: «Машиностроение», 1968. - 400 с.

2. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек / В.В. Новожилов. – Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2010. - 380 с.

3. Постнов В.А. Метод конечных элементов в расчетах судовых сооружений / В.А. Постнов, И.Я. Хархурим. - Л.: Судостроение, 1974. - 344 с.

4. Ищанов Т.Р. Расчет НДС эллиптического цилиндра с учетом сдвиговых деформаций при использовании векторной аппроксимации // В сборнике: развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий. Материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию образования Волгоградского государственного аграрного университета. 2019. С. 283-289.

УДК 656.2+656.6.073(561.73)

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ СУХИХ ПОРТОВ

Дудин А.С.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Воскресенская Т.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: aleksei1132@mail.ru*

В статье рассматриваются основные аспекты организации работы сухих портов, как современного объекта логистической системы. На сегодняшний день концепция использования сухих портов наряду с признанием их экологической выгоды, рассматривается и с позиции экономического эффекта, а так же расширения возможности межгосударственных транспортных грузоперевозок.

Ключевые слова: сухой порт, грузоперевозка, хранение, транспортировка, логистика, разгрузка, контейнерная площадка.

«Сухой порт» – это внутренний терминал, удаленный от морского (речного) порта на небольшое расстояние и связанный с ним прямым желез-

нодорожным или автомобильным сообщением. Зарубежный опыт показывает, что размещение «сухих портов», имеющих разветвленную сеть подъездных путей, может стимулировать развитие локальных производственных центров в стратегически выгодных развитых районах страны [1, с. 616].

««Сухой порт» (от англ. Dry Port) представляет собой внутренний терминал, удаленный от порта на небольшое расстояние и связанный с ним прямым железнодорожным или автомобильным сообщением» [2].

Сухой порт - это внутренний интермодальный терминал, напрямую связанный с морскими портами с высокой пропускной способностью.

Как следует из названия, сухой порт - это порт, который находится вдали от моря. Это большая часть суши и имеющая связь с морским портом либо асфальтированной дорогой, либо железной дорогой. Сухие порты - это терминалы, на которых перегружаются грузы, доставленные на судах. Эти внутренние порты чаще всего включающие в себя складские помещения для большого количества товаров и используются для таможенного оформления этих товаров.

Стоит отметить, что преимуществом «сухих портов» является их способность решать проблемы с хранением и наличием таможенного пространства, которые зачастую имеют место быть в морских портах.

Морской порт в рамках своего расположения (вдоль морских путей) имеет ряд неудобств, в частности ограниченное пространство, которое зачастую меньше необходимого для обработки большого объема товаров.

Сухой же порт помогает снизить конкуренцию компаний, пытающихся временно хранить свои товары, прежде чем они отправятся в необходимое направление.

Еще одно преимущество - это способность сухого порта ускорять перемещение грузов между судами и системами внутреннего транспорта, которые распределяют товары. Это помогает поддерживать «сухие порты» в качестве центральных распределительных узлов для огромного количества товаров, поскольку импорт и экспорт товаров ускоряются.

Сухие порты являются специализированными объектами, целью которых является обработка стандартных морских контейнеров в рамках осуществления международных перевозок.

Использование этих транспортных контейнеров позволяет легко перемещать товары с корабля на тягач, поезд или другое судно. Транспортируемые товары необходимо разгружать только после того, как они придут в конечный пункт обработки.

Сухие порты так же выступают связующим звеном в логистической цепочке между морским портом и железной дорогой при высокой пропускной способности.

Однако стоит помнить, что в любой цепочке есть и свои проблемные участки. В части в рамках деятельности сухих портов, имеется ряд проблемных аспектов.

Одна из них - увеличение объемов грузовых перевозок по железной дороге. Существующая инфраструктура железных дорог и автомобильных дорог не так развита, как должна быть во многих странах, чтобы справляться с возрастающими нагрузками. В некоторых странах железнодорожных путей недостаточно для быстрой перевозки в них товаров. В этих странах должна быть более развитая железнодорожная и автодорожная сеть, чтобы «сухие порты» могли использовать свой максимальный потенциал.

Есть также финансовая составляющая их проигрыша в определенных частях мира. Локализованные морские порты иногда создают сильную конкуренцию, которая подрывает возможность делать более экономичный выбор. Это особенно верно для стран, разделяющих большие участки суши с океаном. Не всегда присутствует политическое решение в пользу более экологически чистых «сухих портов».

Рассмотрев основные аспекты, понятие и сущность сухого порта, стоит перейти к основному вопросу - анализ организации работы сухого порта.

Анализ организации работы сухого порта стоит сделать на основе реально-действующего и одного из крупнейших сухих портов Центральной Азии «KTZE-Khorgos Gateway».

«Сухой порт «KTZE-Khorgos Gateway» создан в 2015 году по программе «Нурлы жол». Это крупнейший сухой порт в Центральной Азии, Общая площадь Сухого порта составляет 129,8 га, интегрирована с логистической (224,9 га) и индустриальной (224,6 га) зонами. Он является своеобразной альтернативой морским логистическим хабам. Находится в 350 километрах от Алматы и в девяти километрах от Китая» [3].

Терминал сухого порта «KTZE-Khorgos Gateway» в своей деятельности оказывает полный спектр услуг который может оказывать терминал сухого порта, в частности: обработка и хранение грузов, перевалка груза, следующих через казахстанско-китайскую границу. «Маршруты из Китая в Европу, Россию и Центральную Азию традиционно являются самыми востребованными через территорию Казахстана», - сказал вице-президент АО «KTZ Express» по логистике Нурлан Игембаев» [3].

Уникальность данного терминала, в том, что это единственный терминал Казахстана, где имеется собственная сеть железнодорожных путей, своя железнодорожная станция «Промышленная», подъездные пути, терминалы, и сортировочная станция.

Операционная деятельность Сухого порта включает:

- прием/отправка поездов;
- перегрузка автомобильных фур (КНР — КЗ, КЗ — КНР);
- перегрузка автотранспортных средств (жд вагон — авто, авто — жд вагон);
- формирование контейнерных поездов — операции, производимые на складах и контейнерной площадке: погрузка, сортировка, хранение, отправка

грузов и др.;

- хранение опасных грузов и грузов с определенными температурными требованиями.

Все приходящие в KTZE-Khorgos Gateway грузы обслуживает 56 различных видов техники – «козловые краны RMG, краны на пневматическом ходе RTG, десять тягачей для перевозки контейнеров по терминалу, шесть ричстакеров для работы на терминале» [3].

В рамках деятельности сухого порта и организации мест хранения, имеется два склада для временного хранения груза, каждый из которых примерно по 5 тыс. кв.м.

Склады имеют в своей структуре холодильное оборудование, расположенное на 700 кв.м., где может храниться груз требующий специализированного способа хранения (температурного режима). Холодильные установки поддерживают температуру до минус 25 С°. Сам склад вмещает 1 500 паллетомест. На склад одновременно подаются 20 вагонов.

Штат логистического хаба «KTZE-Khorgos Gateway» составляет 180 человек, которые занимаются перегрузочной деятельностью, работой по перегрузу генеральных грузов и тарно-штучных грузов. В основном это жители Жаркента и близлежащих сел.

В структуру сухого порта «KTZE-Khorgos Gateway» входит станция Алтынколь.

Алтынколь – единственная в Казахстане станция для приема грузовых и контейнерных поездов. Это второй казахстанско-китайский железнодорожный переход, открытый в 2012 году после станции Достык.

Через станцию проходит грузопоток из Китая в Европу, страны Персидского залива, Центральной Азии, Кавказа. Она расположена на участке «Жетыген – Госграница».

Структура грузооборота провозимого через станцию Алтынколь и сухой порт представляет собой грузы металла, химикатов, машинного оборудования, негабаритные грузы.

В рамках деятельности сухого порта KTZE-Khorgos Gateway при поступлении груза с китайских вагонов-платформ осуществляется перегрузка на казахстанские платформы. На шести путях работают три козловых контейнерных крана – RMG, аналогов им нет во всем СНГ. Среднее время перегруза одного контейнерного поезда в составе от 45 до 50 вагонов занимает 55 минут. За это время работники хаба полностью перегружают прибывающий поезд с одной колеи на другую.

Нурлан Игембаев вице-президент АО «KTZ Express» по логистике в своем интервью portalу Sputnik сказал, что деятельность сухого порта осуществляется 12-ти поездами на прием грузов и 12-ти поездами на отправку (перегрузку) груза, что позволяет обеспечить, по его мнению, 100% обеспечение сроков перегрузки и хранения и транспортировки груза.

Если говорить о России и ее концепции применения сухих портов, а

так же анализа их деятельности, то в качестве примера стоит рассмотреть сухой порт ГТК «Русмарин».

С 2013 года ГТК «Русмарин» в рамках партнерства с ЗАО «КТСП» осуществляет перемещение стандартных, рефрижераторных и негабаритных контейнеров по технологии «Сухой Порт» (таможенный режим СВХ).

«В соответствии с реализуемой технологией грузы, прибывающие морским транспортом на «КТСП», перемещаются автомобильным транспортом на наш склад временного хранения (СВХ). Перемещение контейнеров с КТСП на СВХ «Русмарин-Форвардинг» проводится в рамках действующего законодательства РФ. По ссылке можно посмотреть схему маршрута грузов по технологии Сухой Порт с КТСП на СВХ (Склад временного хранения) «Русмарин-Форвардинг»» [4].

В рамках деятельности сухого порта ГТК «Русмарин» перемещение контейнеров осуществляется в рамках упрощенной системы оформления таможенного транзита, что в свою очередь позволяет намного быстрее отправлять груз удобным для клиента видом транспорта:

- ЖД транспортом (все типы подвижного состава) с собственных путей СВХ ООО «Русмарин-Форвардинг», с перетаркой и в линейных контейнерах.

- АМ транспортом (все типы автотранспорта), как с перетаркой грузов так и в в линейных контейнерах.

В рамках деятельности ГТК «Русмарин» процесс организации отправок грузов может быть осуществлен по желанию клиента с учетом использования крытого хранения в металлическом ангаре, расположенном на территории сухого порта (нерастаможенные грузы), и крытых складов (растаможенные грузы).

Специалисты ГТК «Русмарин» в рамках работы с клиентом разрабатывают оптимальные схемы размещения и крепления груза в контейнерах / ж/д вагонах.

При этом все необходимые операции с грузом специалисты осуществляют как в рамках режима таможенного транзита, так и после процедуры таможенной очистки (растаможенного груза).

Сухой порт ГТК «Русмарин» в рамках организации своей деятельности предлагает клиентам широкий спектр услуг, включая их комплексную реализацию. В частности заказчик может воспользоваться услугами хранения товара включая опасные и неопасные виды грузов, осуществление необходимых таможенных процедур, реализацию погрузочно-разгрузочных работ по прямому варианту «контейнер-транспортное средство» и складскому варианту «контейнер-склад-транспортное средство», хранению товаров в крытых складских помещениях, проведению отправок товаров по процедуре таможенного транзита автомобильным и железнодорожным транспортом.

В заключении стоит отметить, что на сегодняшний день использование сухих портов в рамках перемещение грузов набирает обороты, и стано-

вится дополнительным элементом в логистической системе перемещения грузов между странами.

Библиографический список

1. Иванова М.П. Особенности применения «сухих портов» // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – №13. – С. 616-617.
2. Понятие «Сухой порт» TKS.RU – все о таможне // [Электронный ресурс]: российский таможенный портал. Режим доступа: <https://www.tks.ru/logistics/2012/09/21/0002>.
3. Работа крупнейшего в Центральной Азии сухого порта // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.sputnik.kz/regions>.
4. Сухой порт ГТК «Русмарин» // [Электронный ресурс]: официальный сайт ГТК «Русмарин». Режим доступа: <https://www.rusmarine.ru>.

УДК 656.2+656.6.073(561.73)

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ «СУХИХ ПОРТОВ» ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Дудин А.С.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Воскресенская Т.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: aleksei1132@mail.ru*

Проанализирована существующая ситуация и проблематика взаимодействия железнодорожного и морского транспорта во Владивостокском транспортном узле. Предложено создание «Сухого порта» на базе транспортно-логистического комплекса «Южный приморский терминал» на юге Приморского края. Рассмотрены основные вопросы функционирования транспортного узла с внедрением магистрально – фидерной системы движения поездов, а также применение современных принципов логистики на уровне «клиент – терминал – припортовая станция - морской порт».

Ключевые слова: тыловой терминал, «сухой порт», морские порты припортовая станция, транспортный узел, взаимодействие железнодорожного и морского транспорта.

10 июля 2012 года Государственной Думой был принят закон о вступлении в ВТО (Всемирная торговая организация) и 18 июля подписан Президентом Путиным В.В. С тех пор в портах Приморья резко возрос поток грузов.

Разобравшись в проблематике взаимодействия железнодорожного и морского транспорта на Дальнем Востоке, было предложено создание «сухого порта» на базе транспортно-логистического комплекса «Южный

приморский терминал» на юге Приморского края, что является хорошим решением для оптимизации и перемещения экспортных грузопотоков.

Специфика транспортной системы России обуславливает ведущую роль железных дорог в обеспечении внешнеторговых перевозок, поскольку на их долю приходится около половины экспортно-импортных перевозок, большая часть которых осуществляется через морские речные порты. В общем объеме перевалки грузов России через морские порты почти 95% составляют внешнеторговые грузы и 5 %- грузы, перевозимые в каботажном плавании [1].

Во Владивостокском транспортном узле опорной станцией является Владивосток, которая обслуживает крупнейший порт Приморья ОАО «Владивостокский морской торговый порт».

В «пиковый сезон» (июль-август и ноябрь-декабрь) порты Дальнего Востока («Владивосток» и «Восточный») не справляются с возросшим объемом грузопотока, суда стоят под выгрузкой от трех до семи дней. Все терминальные перемещения идут с опозданием, тем самым вместо трех дней пребывания контейнеров в портах срок составляет от 15 до 20 дней. При этом нарушается технологический цикл работы припортовых станций Дальневосточной железной дороги: замедлен оборот вагона, не выполняются многие плановые производственные показатели. Вагоны в ожидании выгрузки в портах Приморья приходится распределять по всему Владивостокскому отделению дороги, создавая серьезную угрозу парализовать движения на восточном участке Транссиба. В сложившейся ситуации на указанных станциях и путях необщего пользования не освобождается подвижной состав, из-за занятости железнодорожных путей возникают технологические затруднения в работе станций, производятся дополнительные маневровые работы, компания ОАО «РЖД» несет существенные убытки от многодневного простоя вагонов и несоблюдения сроков доставки груза. Необходимо регулировать растущий грузопоток в направлении станции Владивосток с помощью создания и внедрения тыловых терминалов «сухих портов», что позволит перенаправить часть грузов из портов на удаленный тыловой терминал, тем самым снизятся напряженность и на таможенных пунктах пропуска [2].

Под тыловым терминалом («сухим портом») можно понимать терминал, расположенный вне границ территории порта, который связан с портом единой технологией обработки грузов, за счет которой обеспечивается вывод с территории порта операций, не связанных с перевалкой грузов с морского транспорта. «Морской порт» предоставляет очень обширный комплекс услуг.

Комплекс услуг «сухого порта» может включать:

- оптимальную схему перевозки грузов по условиям грузоотправителей и грузополучателей; поиск железнодорожных вагонов, автофургонов и контроль их продвижения;

- выбор вида декларирования грузов, подготовку к таможенному досмотру, взвешивание груза;

- обработку и хранение грузов в крытых складах площадках, СВХ, таможенных складах;

- обработку и подготовку вагонов, цистерн под погрузку и выгрузку, в том числе перегрузку и перевалку экспортно-импортных грузов из крытых вагонов в контейнеры и обратно, а также обработку и подготовку цистерн под налив нефтепродуктов;

- отправку груженых и порожних контейнеров ускоренными контейнерами поездами;

- организацию перевозки всех родов грузов, в том числе скоропортящихся, негабаритных, длинномерных, тяжеловесных в контейнерах;

- прочие услуги по организации и условиям перевозки грузов железнодорожным и автотранспортом, в том числе охрану грузов, отслеживания в онлайн-режиме контейнеров по их статусу в пути следования.

На базе «сухого терминала» могут осуществляться консолидация и распределение товаров, географическое объединение независимых компаний и органов, занимающихся перевозкой грузов (включая экспедиторов грузов, перевозчиков, операторов перевозки), и предоставление сопутствующих услуг: таможенные инспекции, уплата налогов, хранение, техническое обслуживание и ремонт транспортных средств и тары, банковские услуги, использование средств информационно-коммуникационной технологии. Возможность оформления необходимых документов и выполнение процедур на подобных терминалах уменьшила бы перегруженность магистралей и сократила бы задержки при пересечении границ и в портах, снизив тем самым издержки совершения сделок для экспортеров и импортеров [3].

Практически большинство контейнеров из любого порта вывозится автомобильным транспортом, причем нагрузка на автодорожную инфраструктуру колоссальна, не говоря уже о том, что в условиях постоянных пробок регулярное движение между портом и «сухим портом» организовать практически невозможно. Необходимо загружать железную дорогу, но низкая пропускная способность железнодорожной сети на подступах к порту не позволяют увеличить долю вызова контейнеров этим видом транспорта. В связи с этим предлагаемое решение проблемы заключается в переводе работы железной дороги на магистрально-фидерную систему во взаимодействии с тыловым терминалом «сухим портом».

Транспортно-логистический комплекс «Южный приморский терминал» (ТЛК ЮПТ) - это общий «сухой порт», предназначенный для снижения влияния различного дестабилизирующих факторов на работу портов, приводящих к скоплению вагонов и судов, и обеспечения ритмичности в работе морского и железнодорожного транспорта.

Разработчиком ТЛК «Южный приморский терминал» рассматривается вопрос о внедрении магистрально - фидерного движения поездов. «Южный

приморский терминал» должен стать центром формирования магистральных поездов, маршрутов прямых и обратных, полносоставных, сборных, кольцевых. А от портов ВТУ до «ЮПТ» должны работать фидерные перевозки «вертушечные» поезда. Фидерное движение потребует разработки тарифной системы, создание новой схемы распределение документопотока, новой организации процесса [3].

Создание «сухих портов» решает проблему развития транспортных потоков в припортовых городах при помощи строительства объездных дорог и эстакад, не связанных с транспортной инфраструктурой городов-портов.

Большегрузные машины разрушают дорожное полотно в городе, также возникают длинные пробки на дорогах из-за плохой маневренности, что, в свою очередь, ведет к большой аварийности на дорогах, машинам приходится объезжать негабаритные места, а это дополнительное время и расход топлива. Поэтому передача контейнерных грузов на терминал будет способствовать выводу большегрузного транспорта за пределы города, транспортировка контейнеров с терминала в порт и обратно будет осуществляться железнодорожным транспортом.

Для деятельности «сухих портов» необходимы два общих условия:

1. Консолидация морских грузов в интермодальные грузопотоки на дальние и короткие расстояния.

2. Формирование парка необходимых транспортных средств.

Чтобы создать эти условия, «сухой порт» должен выполнить следующие функции: осуществлять менеджмент контейнерных грузопотоков в порты, сокращать использование автотранспорта и расширять деятельность железнодорожного, уменьшать транспортные расходы, осуществлять влияние на фирмы-судовладельцы и порт с целью обеспечить интенсификацию эффективности транспортных цепей.

Транспортная схема, в которой порт только место перевалки, а тыловой терминал- место накопления и таможенного оформления, предполагает создание логистических операторов нового формата. Такие компании под свою ответственность будут принимать контейнеры в порту и организовывать их перемещение в «сухие порты». В перспективе должна появиться логистическая цепочка «морской порт- терминал- дверь клиента». В данной цепи будет более просто оценить и временные, и финансовые затраты при оказании «дверного» сервиса [4].

Применяя логику на уровне «терминал - припортовая станция- порт», можно решить следующие вопросы:

1. Обеспечение постоянного совместного управления планом формирования поездов и оптимизация подхода вагонов на припортовую станцию.

2. Обеспечение соответствия «пиковых» суточных мощностей, технологии и организации работы портов и припортовых станций.

3. Организация «вывода» мест доработки груза в прямом и обратном направлениях за пределы порта и припортовой станции на «сухие» терминалы.

4. Исключение «заторов» и обоюдных убытков от простоев при опережающим развитии мощностей припортовой железнодорожной станции и подходов, но не наоборот.

5. Организация перевозок в системе магистрально-фидерного сообщения.

Логистика в системе «терминал-припортовая станция-порт» работает в «тянущем» режиме (по запросам порта) ,в то время как вся железная дорога до порта работает в системе «толкающей» логистики (от потребности доставки груза в порт).

Реализация магистрально-фидерных перевозок позволяет минимизировать время нахождения вагонов с грузом в транспортных узлах на основе целенаправленного подвода подвода вагонов под конкретные суда, что способствует существующему сокращению количества «брошенных» поездов. Таким образом, развития «сухих портов» является весьма важным инструментом обеспечения устойчивости и эффективности грузовых перевозок морских грузов.

Библиографический список

1. Поваров Г.В. Логистический подход к функционированию транспортного комплекса // Журнал университета водных коммуникаций. – 2012. – Вып.1. – С. 207-211.

2. Тараканов Н.Л. Формирование терминально-распределительных комплексов в системе взаимодействия с интегрированными логическими платформами морских портов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2013. – Вып.2. – С. 108-111.

3. Галин А.В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направление развития // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2014. – Вып.2. – С. 87-92.

4. Король Р.Г. Обоснование целесообразности организации мультимодальных «сухих портов» // Материалы X Международной научно-практической конференции. – 2014г. – С. 20.

СИЛОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХСТЕРЖНЕВОЙ АРКИ МЕТОДОМ ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Зокиров М.Х.

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Дворников Л.Т.,
канд. техн. наук, доцент Баклушина И.С.**

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

Провидено силовое исследование четырехстержневой арки методом проецирования, заключающейся в составлении систем равновесия для определений реакций во всех шарнирах схемы. Представлены расчетные схемы каждого стержня арки и дано решение в общем виде.

Ключевые слова: метод проецирования, уравнение статики, четырехстержневая шарнирная арка, тангенциальные и нормальные составляющие реакции.

Главной задачей силового исследования статически определимых стержневых конструкций является нахождение реакций по величине и направлению, возникающих в шарнирах, при действии внешних нагрузок.

В [1] было рассмотрено определение всех реакции в каждом шарнире при помощи особой точки δ , когда система была построена несимметричной.

Рассмотрим случай, когда арочная конструкция имеет симметричное исполнение [2], и найти особую точку (δ) не возможно, так как линии стержней 2 и 4 через шарниры B, C и F, E параллельны друг другу (рисунок 1).

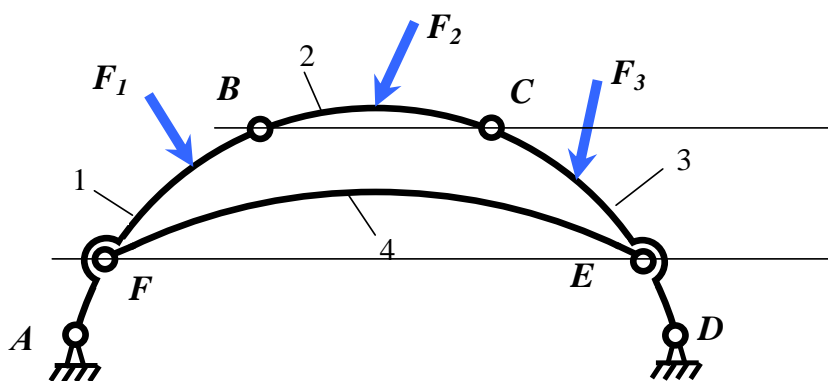


Рисунок 1 – Схема четырехстержневой строительной арки

Для силового исследования арки применим метод проецирования, заключающийся в составлении систем уравнений равновесия (уравнений суммы проекций на оси координат X, Y и суммы моментов относительно шарниров) и определения реакций во всех шарнирах схемы. Равновесие рассматривается каждого звена отдельно.

Расчетная схема нагружения стержня 2 изображена на рисунке 2. При действии силы F_2 показаны полные реакции в шарнирах B и C ($\overline{R}_B, \overline{R}_C$) и их нормальные и тангенциальные составляющие ($\overline{R}_B^\tau, \overline{R}_B^n$ и $\overline{R}_C^\tau, \overline{R}_C^n$).

Уравнения суммы проекций сил на оси X и Y для стержня 2 запишутся как

$$\sum_{cm2} F(Y) = \overline{R}_B^\tau + F_2 \cdot \cos \alpha + \overline{R}_C^\tau = 0, \quad (1)$$

$$\sum_{cm2} F(X) = \overline{R}_B^n + F_2 \cdot \sin \alpha + \overline{R}_C^n = 0.$$

Определить тангенциальные составляющие реакций позволят уравнения суммы моментов относительно шарниров B и C

$$\sum_{cm2} M(B) = 0 \Rightarrow \overline{R}_C^\tau, \quad (2)$$

$$\sum_{cm2} M(C) = 0 \Rightarrow \overline{R}_B^\tau. \quad (3)$$

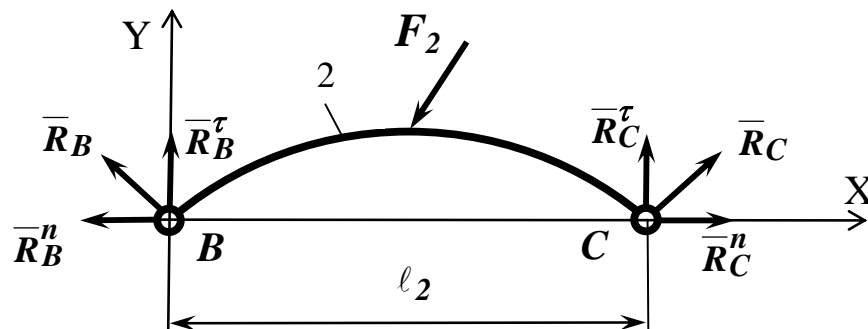


Рисунок 2 – Схема нагружения стержня 2

Сумма сил для звена 2, используя зависимости (1),

$$\sum_{cm2} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{R}_B^n, \overline{R}_C^n \Rightarrow \overline{R}_B, \overline{R}_C$$

дает возможность определить нормальные составляющие реакции в шарнирах B и C (\overline{R}_B^n и \overline{R}_C^n), и, следовательно, полные реакции в этих шарнирах (\overline{R}_B и \overline{R}_C).

Рассмотрим равновесие стержня 1, расчетная схема которого приведена на рисунке 3.

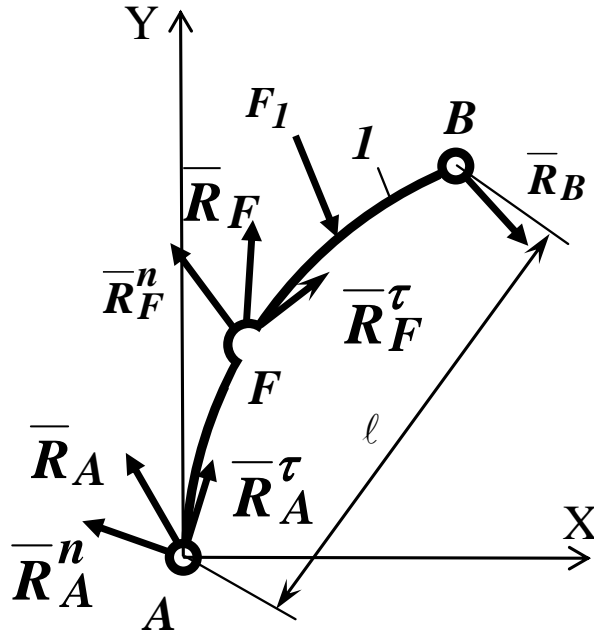


Рисунок 3 – Схема нагружения стержня 1

Составим уравнения суммы сил на оси Y, X

$$\sum_{cm1} F(Y) = \bar{R}_A^\tau + \bar{R}_F^\tau - F_1 \cdot \cos \alpha - \bar{R}_B^\tau = 0, \quad (4)$$

$$\sum_{cm1} F(X) = \bar{R}_A^n + \bar{R}_F^n - F_1 \cdot \sin \alpha - \bar{R}_B^n = 0.$$

Уравнение суммы моментов относительно шарнира A, позволяет н тангенциальную составляющую реакции в шарнире F

$$\sum_{cm1} M(A) = 0 \Rightarrow \bar{R}_F^\tau, \quad (5)$$

а уравнение суммы моментов сил относительно шарнира F определит тангенциальную составляющую в шарнире A

$$\sum_{\dot{n}01} \dot{I}(F) = 0 \Rightarrow \bar{R}_A^\tau. \quad (6)$$

Сумма сил для стержня 1 с использованием уравнений 4

$$\sum_{cm1} \bar{F} = 0 \Rightarrow \bar{R}_A^n, \bar{R}_F^n \Rightarrow \bar{R}_A, \bar{R}_F$$

дает возможность найти нормальные составляющие реакции в шарнирах A и F (\bar{R}_A^n и \bar{R}_F^n) и полные реакции в этих шарнирах (\bar{R}_A и \bar{R}_F).

По расчетной схеме стержня 3 (рисунок 4), решая аналогично вышеизложенному, получаем зависимости 7 и 8.

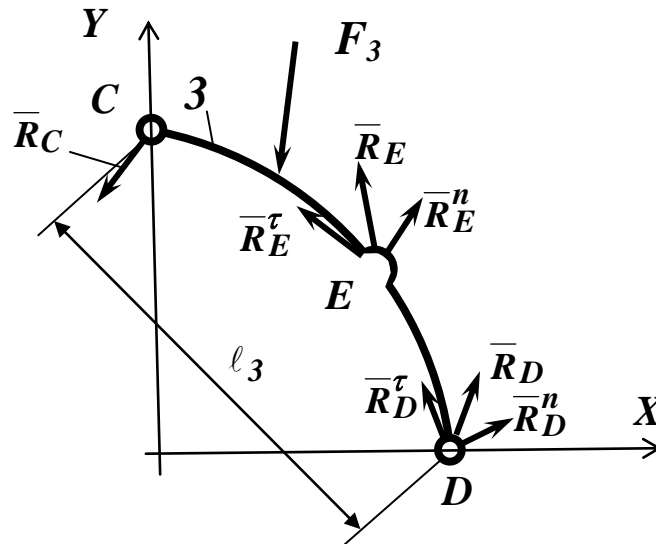


Рисунок 4– Схема нагружения стержня 3

Уравнения суммы проекций сил на оси Y и X

$$\sum_{cm1} F(Y) = \bar{R}_A^\tau + \bar{R}_F^\tau - F_1 \cdot \cos \alpha - \bar{R}_B^\tau = 0, \quad (7)$$

$$\sum_{cm1} F(X) = \bar{R}_A^n + \bar{R}_F^n - F_1 \cdot \sin \alpha - \bar{R}_B^n = 0.$$

Уравнения суммы моментов для определения тангенциальных составляющих реакций в шарнирах D и E

$$\sum_{cm3} M(D) = 0 \Rightarrow \bar{R}_E^\tau \quad \text{и} \quad \sum_{cm3} M(E) = 0 \Rightarrow \bar{R}_D^\tau. \quad (8)$$

Определение нормальных составляющих (\bar{R}_E^n и \bar{R}_D^n) и полных (\bar{R}_E , и \bar{R}_D) реакций в шарнирах E и D

$$\sum_{cm3} \bar{F} = 0 \Rightarrow \bar{R}_E^n, \bar{R}_D^n \Rightarrow \bar{R}_E, \bar{R}_D,$$

Таким образом, метод проецирования может быть применен к силовому исследованию двухопорной четырехстержневой строительной арки.

Библиографический список

1. Dvornikov L.T., Baklushina I.S., Zakirov M.Kh. Geometric proof of the immutability of building arches. Journal of Advanced Research in Technical Science. – North Charleston, USA: SRC MS, CreateSpace. – 2019. – Issue 15.. ISBN: 978-077753327
2. Дворников Л.Т. Четырехстержневая строительная арка. / Л.Т. Дворников, И.С. Баклушина, М.Х. Зокиров. Патент 185541. – 2019.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В РАЙОНЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Калинин С.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Воскресенская Т.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: sergey21.04.1997@mail.ru*

Перевозка грузов в районы Крайнего Севера является одной из основных задач в современном развитии России, так как именно на этой территории сосредоточена большая часть природных ресурсов. Снабжение таких районов является главным условием для выживания и развития социально-экономических сфер.

Ключевые слова: зимник, негабаритный груз, опасные грузы

Крайний Север — часть территории Земли, расположенная главным образом к северу от Северного полярного круга. Климат в некоторых районах чрезвычайно суровый. Территория Крайнего Севера — это арктическая зона, тундра, лесотундра и районы северной тайги.



Рисунок 1 – Территория Крайнего Севера

Большинство дорог, соединяющих между собой районы Крайнего Севера и соседних к ним областей, представляют собой так называемые «зимники». «Зимник – дорога, проложенная прямо по снегу для езды зимой»[1]. Ее эксплуатация возможна только в зимних условиях, при минусовой температуре. Для устройства зимника снег уплотняют, на реках намораживают ледовые переправы.

Ледовые переправы намораживаются водой для того, чтобы открыть движение раньше, чем лед на реке достигнет нужной толщины. По всей длине дороги снег поливается водой специальной техникой – чтобы образовать ледовую поверхность, выдерживающую тяжелый грузовик. Как прави-

ло, ледовые переправы открываются в начале декабря.

Зимники классифицируются по следующим признакам:

1. По расположению на местности:

- сухопутные;
- ледовые (по руслу рек и водоёмам);
- ледяные переправы (через водотоки на сухопутных автозимниках и автомобильных дорогах постоянного действия).

2. По продолжительности использования сезона:

- обычные (в период отрицательных температур);
- с продленным сроком эксплуатации (возможен проезд в течение зимнего и части (или всего) летнего периодов года).

3. По продолжительности эксплуатации:

- регулярные (возобновляются ежегодно по одной и той же трассе);
 - временные (используются в течение одного или двух зимних сезонов);
 - разового пользования (для однократного пропуска колонн автомобилей).
- «В районах Крайнего Севера ежегодно устраиваются и эксплуатируются сотни километров зимних автомобильных дорог... нормативная правовая база недостаточно регулирует их деятельность. Это приводит к увеличению стоимости доставки грузов... делает недоступными для жителей отдаленных территорий услуг»[2].

К наиболее распространенным видам грузов при перевозках в районы Крайнего Севера является следующее:

- продукты питания и медикаменты;
- товары народного потребления;
- трубы и запчасти для трубопроводов;
- ГСМ;
- комплектующие для буровых установок;
- машины, механизмы и комплектующие;
- гидрометеорологическое оборудование;
- кабели;
- стройматериалы;
- металлопрокат и другие виды товаров

Среди приведенных выше грузов имеются и такие, которые относятся к категории негабаритных. Их перевозке уделяют максимальное внимание. При перевозке грузов такой категории необходимо учитывать особенности зимника, погодные условия, рельеф. Вес груза должен соответствовать ограничениям зимника.

Согласно пункту 23.5 ПДД РФ «Перевозка тяжеловесных и опасных грузов, движение транспортного средства, габаритные параметры которого с грузом или без него превышают по ширине 2,55 м (2,6 м - для рефрижераторов и изотермических кузовов), по высоте 4 м от поверхности проезжей части, по длине (включая один прицеп) 20 м, либо движение транспортного средства с грузом, выступающим за заднюю точку габарита транспортного средства

более чем на 2 м, а также движение автопоездов с двумя и более прицепами осуществляются в соответствии со специальными правилами» [3].

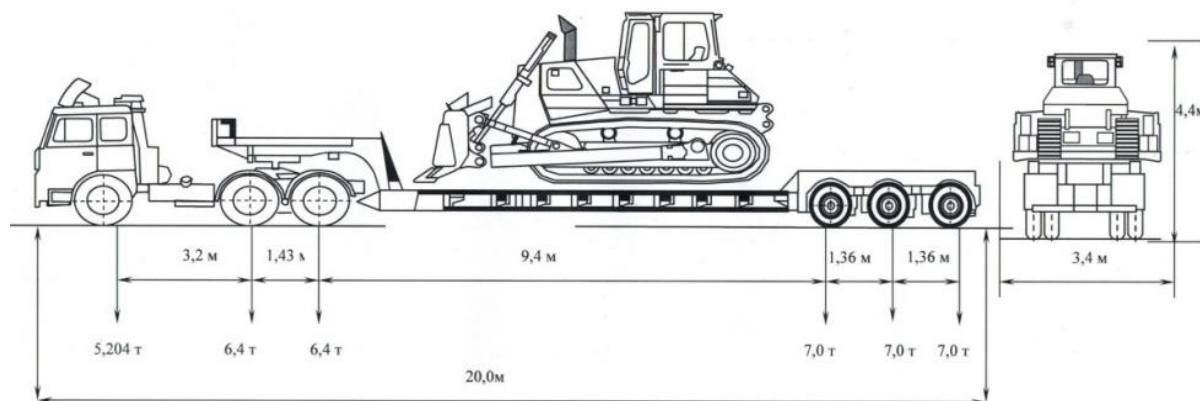


Рисунок 2 – Схема перевозки негабаритного груза

Правила перевозки негабаритных грузов приведены в Приказе Минтранса России от 12.01.2018 №10 «Об утверждении Требований к организации движения по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства» (Зарегистрированного в Минюсте России 27.04.2018 №50940)

«Движение тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства по автомобильным дорогам Российской Федерации осуществляется при наличии специального разрешения в соответствии с законодательством Российской Федерации о дорожной деятельности, о безопасности дорожного движения, об автомобильном транспорте и настоящими требованиями.»[4]

Роль транспорта велика. Благодаря хорошо спланированной транспортной системе рационально распределяются средства и силы не только в объемах края, страны, но и с учетом потребностей мировой экономики в целом.

Библиографический список

1. Толковый словарь русского языка : в 4 т. Т. 1 : А - Кюрины / сост. : Г.О. Винокур, Б.А. Ларин, С.И. Ожегов [и др.] ; под ред. Д.Н. Ушакова. – Москва : ТЕРРА - Книжный клуб, 2007. – 824 с. – (Народная библиотека "Огонька").

2. Стрельцов В.Я. Законодательное обеспечение развития сети автомобильных дорог в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях / В.Я. Стрельцов // Издание совета Федерации 2011.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://council.gov.ru/>

3. Правила дорожного движения РФ 2019 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://stpddrf.ru/statya-23>

4. Приказ Минтранса России от 12.01.2018 №10 «Об утверждении Требований к организации движения по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.04.2018 № 50940)

**АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ
АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ
РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)
(ПОЛИГОН А)**

Калинин С.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, проф. Воскресенская Т.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: sergey21.04.1997@mail.ru*

Экстремальность природных условий, ограниченность транспортной доступности, неразвитость энергетической инфраструктуры стали источником высоких производственных издержек и стоимости жизни районов Крайнего Севера. При этом в суровых северных условиях транспорт должен обладать особыми характеристиками, из которых устойчивость к холоду – далеко не единственное обязательное условие.

Ключевые слова: инфраструктура, суровые условия, автомобильный транспорт, развитие.

«Красноярский край - субъект Российской Федерации в Сибирском федеральном округе. Относится к Восточно-Сибирскому экономическому району. Является вторым по площади субъектом России и крупнейшим из краёв. Площадь его составляет 2 366 797 км².

Образован 7 декабря 1934 года. Административный центр - город Красноярск. В границах практически полностью совпадает с Енисейской губернией.

Граничит с Якутией и Иркутской областью на востоке, с Тувой и Хакасией на юге, с Кемеровской, Томской областями, Ханты-Мансийским и Ямало-Ненецким автономными округами на западе» [1].

Красноярский край является крупным транспортно-распределительным и транзитным узлом Сибирского федерального округа. Транспортный комплекс края представлен всеми видами транспорта, включая трубопроводный.

Таблица 1 – Основные показатели деятельности автомобильного транспорта Красноярского края [3].

	2013	2014	2015	2016	2017
Перевезено грузов ¹⁾ , млн т	126,8	113,1	96,6	79,3	78,2
Грузооборот ¹⁾ , млн т-км	3447,4	4440,5	3238,9	2704,4	3077,3
Перевезено пассажиров автобусами общего пользования, млн человек	189,4 ²⁾	260,8	247,1	232,2	223,3
Пассажиروоборот автобусов общего пользования, млн пасс.-км	2334,3 ²⁾	3280,8	3034,9	2984,0	2791,7

1) По организациям, не относящимся к субъектам малого предпринимательства, и индивидуальным предпринимателям – владельцам грузовых автомобилей. 2) Без индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, привлеченных службой заказчика для работы на автобусных маршрутах общего пользования.

Рассматривая статистические данные в таблице 1 можно заметить, что с 2013 года происходит спад показателей в транспортной работе по доставке грузов. Показатели в сфере пассажироперевозок в 2017 выросли по сравнению с 2013 годом, но, не смотря на это, спад показателей с 2014 года все же наблюдается.

Одной из причин падения показателей может являться изношенность основных фондов транспортной инфраструктуры и медленное строительство новых линий сообщений. На 2016 год изношенность фондов инфраструктуры составляла 50-80%.

Красноярский край является регионом с самыми низкими показателями плотности железнодорожных и автомобильных путей сообщения. Показатель удельного веса автомобильных дорог с твердым покрытием (94,4%) относительно высок, однако они в основном расположены в центральной и южной частях края.

В северной части края используются автомобильные дороги проложенные прямо по снегу, так называемые «зимники». Согласно данным КрУДора (Краевое государственное казенное учреждение «Управление автомобильных дорог по Красноярскому краю») в перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Красноярского края входит 41 автомобильная дорога, включающая в себя искусственные дорожные сооружения - зимники не ниже III категории и (или) переправы по льду не ниже II категории, находящиеся вне границ населенных пунктов и отвечающие требованиям действующих строительных норм и правил, условиям безопасности движения автомобильного транспорта, обеспеченные производственными объектами, необходимыми для содержания автомобильных дорог [5].

Таблица 2 – Доля автомобильных дорог общего пользования, отвечающих нормативным требованиям, по субъектам Российской Федерации. Красноярский край [4]

Регионального или межмуниципального значения ¹⁾							Местного значения ²⁾						
2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
66,9	67,9	70,0	67,0	71,4	71,4	67,8	72,8	72,5	70,5	59,2	57,2	57,8	55,8
1) Расчет по данным Росавтодора. 2) Расчет по данным Росстата. 3) С 2014 г. - расчет по данным Росавтодора.													

В районах Крайнего Севера Красноярского края условия эксплуатации характеризуются низкой температурой воздуха и заносами дорог снегом. Для обеспечения нормальной работы машин в этих условиях следует укомплектовывать машины средствами обогрева, облегчения запуска двигателей и повышения проходимости, шанцевым инструментом, утеплять кабину и аккумуляторные батареи, применять тормозную жидкость с температурой

застывания не ниже -50°C . Систему охлаждения двигателя заправлять низкозамерзающей жидкостью, начинать движение очень плавно, чтобы не вывести из строя агрегаты силовой передачи. Ставить машины на стоянках в укрытия и плотно закрывать двигатель капотом, брезентом аккумуляторные батареи снимать и хранить в теплом помещении.

Детали машин и различные конструкции в процессе эксплуатации подвергаются воздействию внешних сил. Эти силы могут быть самыми разнообразными. Они могут растягивать деталь, сжимать, скручивать, изгибать ее и т. д., причем воздействие нагрузок на деталь может быть плавным, постепенным, т. е. статическим, или мгновенным в виде удара — динамическим. Некоторые детали машин подвергаются воздействиям нагрузок при повышенных или низких температурах, при действии кислот и т. д. Многие детали работают в сложных условиях, т. е. при действии различных нагрузок одновременно.

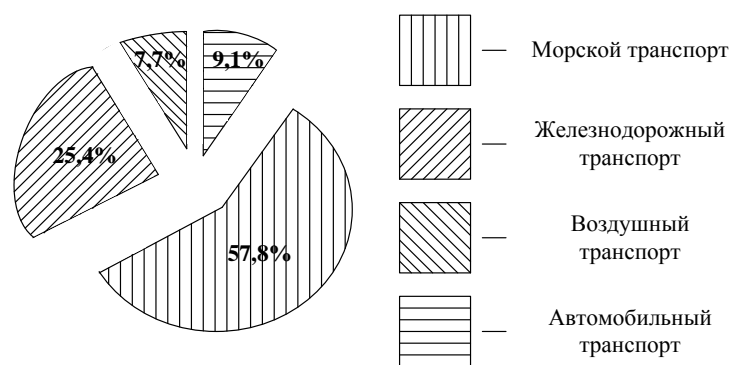


Рисунок 1 – Структура транспортной системы Крайнего Севера РФ [6]

Обращая внимание на представленную выше диаграмму, можно заметить, что морской транспорт находится на первом месте. Это обусловлено интенсивным развитием Северного морского пути.

Автомобильный транспорт уверенно занимает третье место в структуре транспортной системы после морского и железнодорожного. Благодаря своей проходимости и возможности работать в различных погодных условиях, данный транспорт никогда не потеряет своей актуальности.

«Автотранспортные предприятия и организации осуществляют централизованный вывоз (завоз) грузов из морских и речных портов, аэропортов, с перевалочных и накопительных баз для доставки потребителям или грузополучателям районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей по договорам с грузоотправителями или грузополучателями на перевозку грузов в объемах, обеспечивающих бесперебойную работу портов, баз и разгрузку судов» [2].

На сегодняшний день основными направлениями развития автомобильного транспорта и дорожного хозяйства Красноярского края и районов Крайнего Севера являются:

- развитие на территории края региональной опорной сети федераль-

ных дорог, формирующей основные транспортные коридоры и обеспечивающей межрегиональные связи края;

- создание дорожной инфраструктуры в районах нового освоения;
- приведение технического состояния сети региональных и межмуниципальных автомобильных дорог в соответствие нормативным требованиям;
- развитие и модернизация внутригородских и внутрипоселенческих дорог, прежде всего на территории Красноярской агломерации;
- повышение качества дорожных работ;
- обновление подвижного состава автомобильного и городского электрического транспорта.

Особые требования должны быть предъявлены к машинам, работающим в условиях крайнего севера при низких температурах. Опыт эксплуатации показывает, что они имеют большое число хрупких разрушений. Этим разрушениям подвержены главным образом сварные конструкции. Связано это с тем, что в сварных конструкциях выше коэффициенты концентрации напряжений, высокие остаточные сварочные напряжения и изготавливаются они с большей толщиной элементов.

Библиографический список

1. М. Д. Горячко, Г. С. Самойлова, С. В. Кузьминых, В. И. Фёдорова, А. Н. Прокинова, П. С. Павлинов. Красноярский край. — Большая Российская Энциклопедия. — Москва: Издательство «Большая российская энциклопедия», 2010. — Т. 15. — С. 630. — 767 с. — 60 000 экз.

2. Порядок организации поставок и перевозки продукции (товаров) для обеспечения народного хозяйства и населения районов Крайнего севера и приравненных к ним местностей [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1624/71284987c719b3b7146d295d8e1b2391f5f8fa17/

3. С.И. Березовская, И.Р. Кузьмиченко, Н.Е. Калинина, Е.П. Васильев, А.А. Третьяков, Н.Г. Шишацкий. Красноярский край в цифрах 2017: Стат.сб./Красноярскстат. – Красноярск, 2018. – 105 с.

4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>

5. Постановление №127-п от 26.02.2020 О внесении изменения в постановление Совета администрации Красноярского края от 17.06.2002 №205-п «Об утверждении перечня автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Красноярского края» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://krudor.ru/about/roads-list/>

6. С.С. Гутман, И.М. Зайченко, Е.В. Рытова. Вопросы реализации стратегии развития транспортной системы районов Крайнего Севера (на примере Архангельской области) [Электронный ресурс] / Региональная экономика и управление: электронный научный журнал // Номер журнала: №3 (51), 2017 – Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/5104/>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЩНОСТИ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН**Круглов М.В.****Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Никитин А.Г.***Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: nikitin1601@yandex.ru*

Одним из основных показателей работы любой технологической машины является ее энергоемкость. Чем меньше потребляет машина для выполнения технологической операции мощности, тем более она энергоэффективна. Приведенный анализ работы дробильных машин показал, что меньше всего при дроблении хрупких материалов потребляет энергии дробилка, в которой при силовом воздействии на разрушаемый кусок, в нем возникают как нормальные, так и касательные напряжения.

Ключевые слова: машина, энергоэффективность, мощность, дробилка

Расход энергии на дробление различных материалов составляет большую долю (до 5%) в энергетическом балансе мира. Многие промышленные производства, в том числе металлургические, горные и другие, перерабатывают в больших количествах сыпучие материалы различных классов крупности. В большинстве случаев нужная крупность достигается измельчением кусков на дробилках [1].

Мощность электродвигателя определяется с учетом мощности, затраченной на преодоление всех сил сопротивлений при работе машины:

$$N_{\text{двиг}} = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (1)$$

где N_1 – мощность, необходимая на дробление материала;

N_2 – мощность, затраченная на трение в подшипниках;

η – КПД передачи.

Дробление хрупкого материала в щековой, конусной и двухвалковой дробилках осуществляется силами сжатия, создающими в куске нормальные напряжения, по предельным значениям которых рассчитывают их мощность.

Для определения мощности привода щековых дробилок, как с простым движением щеки, так и со сложным, используют соотношение [2]:

$$P = \frac{A \cdot \omega}{\eta} = \frac{\pi \cdot \sigma_{\text{сж}}^2 \cdot n \cdot L \cdot (B^2 - b^2)}{114 \cdot \eta \cdot E}, \quad (2)$$

где A – работа дробилки, расходуемая за один оборот кривошипного вала, Дж;

ω – угловая скорость вращения кривошипного вала, с^{-1} ;

n – частота вращения кривошипного вала, c^{-1} ; $\sigma_{сж}$ – предел прочности дробимого материала на сжатие, Па;

L – ширина щек, используемая в процессе работы, м;

B – ширина приёмного отверстия, м; b – ширина выходной щели, м; E – модуль продольной упругости дробимого материала, Па.

Мощность привода двухвалковых дробилок определяют зависимостью [3]:

$$P = \frac{\omega}{\eta} \cdot \left(\frac{P_d \cdot f \cdot D_B}{2} + R \cdot f_{ц} \cdot d_{ц} \right), \quad (3)$$

где $P_d = \sigma_{сж} \cdot L_B \cdot l \cdot \mu$ – сила, необходимая для разрушения куска, кН;

L_B – длина бочки валка, м;

l – длина участка дуги, на которой происходит дробление, м;

μ – коэффициент разрыхления материала, учитывающий, сколько кусков одновременно подвергается раскалыванию;

f – коэффициент трения между валком и разрушаемым материалом;

D_B – диаметр валка, м;

R – горизонтальная составляющая силы, потребной для разрушения куска, кН;

$f_{ц}$ – коэффициент трения цапфы подшипника; $d_{ц}$ – диаметр цапфы подшипника.

Из анализа уравнений (1) и (2) следует, что мощность привода щечковых и двухвалковых дробилок прямо пропорциональна пределу прочности дробимого материала на сжатие.

Чтобы уменьшить расход энергии при дроблении, в дробимом куске необходимо создать не только нормальные, но и касательные напряжения. Такой способ дробления хрупкого материала обеспечивает одновалковая дробилка, силовой анализ которого показал, что на кусок действуют не только силы сжатия, но и внутренний крутящий момент, создающий касательные напряжения [4]. При сложном напряжённом состоянии в куске материала возникают напряжения, достигающие предельного значения при меньшей силе дробления, чем при линейном напряжённом состоянии под действием сжимающих усилий. Уменьшения силы дробления по сравнению с дроблением силами сжатия приводит к снижению необходимой мощности привода, что обеспечивает большую энергоэффективность одновалковой дробилки.

В этом случае мощность определяется по формуле [5]:

$$P = \frac{N \cdot n \cdot [l \cdot \mu + 2 \cdot \pi \cdot f_2 \cdot (R_B + a) \cdot \mu + \pi \cdot d_{ц} \cdot f_{ц}]}{\eta}, \quad (4)$$

где N – сила, необходимая для разрушения куска, кН;

l – плечо силы N относительно центра валка, м;

f_2 – коэффициент трения между неподвижной щекой и разрушаемым материалом;

R_B – радиус валка, м;

a – величина зазора между валком и неподвижной щекой, м.

При одновременном действии в разрушаемом теле нормальных и касательных напряжений сила N определяется через эквивалентное напряжение по первой гипотезе предельных состояний [6]:

$$\sigma_{\text{экр}} = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}, \quad (5)$$

где σ , τ – нормальные и касательные напряжения, действующие в дробимом куске; а также площади поперечного сечения дробимого куска.

Таким образом, величина силы, необходимой для разрушения куска в одновалковой дробилке, соответственно, потребляемая мощность, будет меньше, чем при дроблении в дробилках, работающих на сжатие, то есть она является энергоэффективной.

Библиографический список

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. – М.: Машиностроение, 1990. 320 с.

2. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т.1. – М.: Машиностроение, 1987. 440 с.

3. Egbe, E.A.P., Olugboji, O.A. Design, Fabrication and Testing of a Double Roll Crusher. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume 35, Number 11, May 2016, Pages 511-515.

4. Никитин А. Г., Сахаров Д. Ф. Анализ сил, действующих на кусок дробимого материала в одновалковой дробилке // Изв. вузов. Черная металлургия. 2010. № 10. С. 41, 42.

5. Медведева К.С. Совершенствование конструкции и анализ работы одновалковых дробильных машин с целью повышения их производительности : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2020. – 122 с.

6. Заславский Б.В. Краткий курс сопротивления материалов / Б.В. Заславский – Москва : Машиностроение. – 1986. – 328 с.

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ТОЧНОСТИ РАБОТЫ
КРИСТАЛЛИЗАТОРА МНЛЗ ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШАРНИРАХ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР**

Круглов Ю.В.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Никитин А.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: nikitin1601@yandex.ru*

Одним из основных источников колебаний элементов машин являются подшипники скольжения, в которых вал находится во втулке (вкладышах) с зазором, при выборке которого происходит удар. Определено влияние вибрационного воздействия, возникающего из-за наличия зазоров в подшипниках скольжения, на надежность работы механизма качения кристаллизатора МНЛЗ. Описана конструкция упругого пневматического устройства для выборки зазоров в подшипниках скольжения при работе щековой дробилки и экспериментально доказано снижение уровня вибрации за счет устранения зазоров.

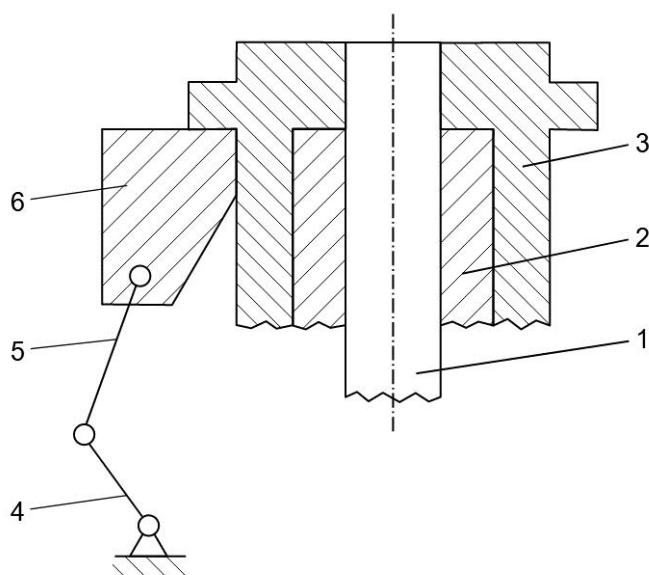
Ключевые слова: надежность, вибрация, выборка зазоров, упругий элемент.

В процессе литья на МНЛЗ корочка затвердевающего в кристаллизаторе слитка при определенных условиях может прилипнуть к стенкам кристаллизатора. Это приводит к разрыву корочки и вытеканию жидкой стали из сердцевины слитка, что ведет к аварийной остановке и ремонту машины, а также уменьшению надежности машины в целом. Для предупреждения залипания корочки необходимо создать в ней знакопеременные напряжения, то есть кристаллизатор в процессе работы должен совершать возвратно-поступательное движение. Для уменьшения силы ударов в шарнирах кинематической цепи рычажного механизма качания кристаллизатора при знакопеременных нагрузках и более точного выдерживания задаваемого закона движения необходимо уменьшать величину зазоров в сочленениях кинематических пар (рисунок 1) [1].

Одним из основных показателей качества любой машины, характеризующих их технический уровень и конкурентоспособность, является их надежность и долговечность в условиях эксплуатации, что количественно оценивается отсутствием отказов в процессе работы машины. Очевидно, что чем меньше продолжительность простоев машина на устранение ее отказа, тем выше производительность машины.

Среди многочисленных технических причин относительно кратковременных, но достаточно частых простоев в условиях эксплуатации рычажных механизме привода качения кристаллизатора МНЛЗ значительное место за-

нимают простои, связанные с заменой вкладышей подшипников скольжения из-за их износа.



- 1 – слиток; 2 – медный водоохлаждаемый вкладыш; 3 – корпус кристаллизатора;
4 – кривошип; 5 – шатун; 6 - ползун

Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма качания кристаллизатора

Быстрый износ вкладышей является результатом не только контактного трения между цапфами и вкладышами подшипников скольжения, но и действия динамических сил, также являющихся источником вибраций машины.

Динамические силы, возникающие при работе рычажных механизмов, обусловлены наличием зазора в кинематической паре сопряжения звеньев (цапфы и вкладыша подшипника) и дискретных значений скоростей относительного перемещения звеньев внутри зазоров подшипников скольжения.

На узлы и детали рычажного механизма качания кристаллизатора в процессе эксплуатации действуют динамические силы, которые вызываются действием ударных нагрузок, возникающих при сбросе нагрузки, когда с предварительно упруго деформированной механической системы снимают вынуждающую (технологическую) силу при движении кристаллизатора вниз, так как под действием силы технологического сопротивления при движении кристаллизатора вверх цапфа прижата к поверхности вкладыша подшипника. То есть цапфа перемещается в противоположную сторону на величину зазора, ударяясь о вкладыш [2], при этом происходит перебег зазора с последующими, затухающими по силе за счет демпфирования, отскоками. Возникающая динамическая (ударная) сила приводит к возбуждению упругих колебаний (в дальнейшем – вибраций) механической системы: подшипников, подшипниковых корпусов, корпуса кристаллизатора и так далее.

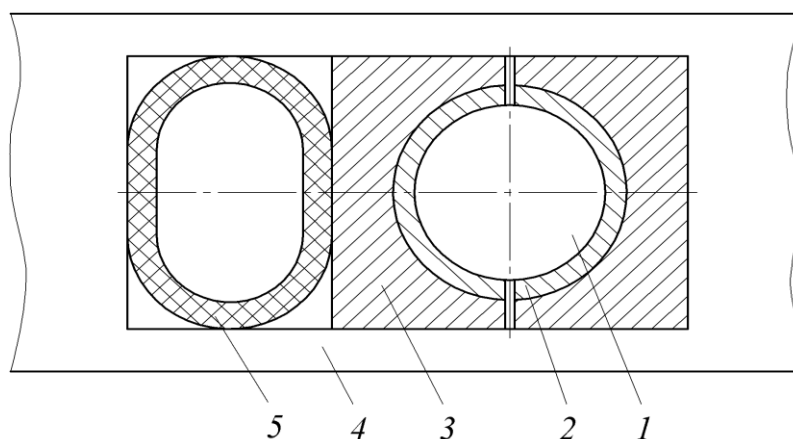
Зазоры в кинематических парах, наличие которых обязательно для обеспечения подвижности звеньев, с увеличением продолжительности эксплуатации машины постепенно увеличиваются, что приводит к уменьшению

точности (прямолинейности) движения кристаллизатора, а также увеличению дополнительных динамических сил.

Таким образом, надежная работа машины во многом зависит от создания условий, обеспечивающих беззазорный контакт сопряженных звеньев. На практике эту задачу традиционно решают применением либо конических сопряженных поверхностей [3], что вызывает сложности при их изготовлении, либо систем с пружинным поджатием полуштуков подшипников скольжения [4], однако стальные пружины обладают малой демпфирующей способностью, их параметры изменяются с течением времени, что требует постоянного контроля за их состоянием, а также пружинными элементами невозможно создать автоматические или автоматизированные системы управления устройствами для выборки зазоров. Выше изложенное обуславливает необходимость разработки конструктивных мероприятий для создания беззазорного соединения элементов кинематических пар.

Исследования показали, что необходимый эффект можно получить путем применения малогабаритных упругих пневматических элементов (рисунок 2), встраиваемых в кинематическую пару [5].

Постоянно воздействуя на подвижный корпус с закрепленным на нем антифрикционный вкладышем, упругий элемент выбирает зазор между цапфой и вкладышем. Устанавливается он со стороны, противоположной действию силы технологического сопротивления на подшипник, что способствует не только выбору зазора в сочленении, но и обеспечивает компенсацию износа вкладыша. Величина избыточного давления внутри упругого элемента задается такой величины, чтобы в результате перемещения цапфы после изменения направления движения кристаллизатора, не происходило раскрытия зазора в сочленении.



1 – цапфа; 2 – вкладыш; 3 – подвижная полуопора; 4 – станина;
5 – упругий пневматический элемент

Рисунок 2 – Схема опоры с упругим пневматическим элементом

Жесткость упругого пневматического элемента, выполненного в виде цилиндра с ограниченной осевой деформацией, определяется соотношением [6]:

$$C = \frac{\pi \cdot l \cdot p_0}{2},$$

где p_0 – величина избыточного давления;

l – длина цилиндра.

Применение механизмов выборки зазоров в шарнирах (подшипниках скольжения), которые в процессе работы привода качения кристаллизатора обеспечивают постоянный контакт поверхностей подвижных звеньев, позволяет предотвращать перебег зазоров и, следовательно, возникновение дополнительных динамических сил.

Экспериментальные исследования показали, что при использовании этого способа уменьшается износ элементов кинематических пар, образующих шарнир, значительно снижаются динамические нагрузки, и увеличивается межремонтный срок.

Выводы. Определено влияние вибрационного воздействия, возникающего из-за наличия зазоров в подшипниках скольжения, на надежность работы механизма качения кристаллизатора МНЛЗ. Описана конструкция упругого пневматического устройства для выборки зазоров в подшипниках скольжения при работе щековой дробилки и экспериментально доказано снижение уровня вибрации за счет устранения зазоров.

Библиографический список

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. Под ред. Целикова А.И. – М.: Металлургия. Т.3. 1988. – 680 с.
2. Никитин А.Г., Чайников К.А., Зиновьева Е.В. Условие возбуждения упругих колебаний (вибраций) в механической системе под действием сброса нагрузки // Изв.вуз. Черная металлургия. 2011. № 10. С. 46, 47.
3. Орлов П.И. Основы конструирования. Т.1. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
4. Живов Л.И., Колесник Ф.И., Мищанин В.Г., Булат В.И. Влияние зазоров в кривошипно-ползунном механизме на вибрацию и шум гвоздильного автомата // Кузнечно-штамповочное производство. 1974. № 5. С. 29 – 31.
5. Пат. 2453371 РФ. Валковая дробилка. / Никитин А.Г., Сахаров Д.Ф., Чайников К.А., Прилукова Н.З. // Открытия. Изобретения. 2012. № 17.
6. Никитин А.Г., Чайников К.А., Реморов В.Е., Живаго Э.Я. Расчет жесткости пневматического цилиндра с ограниченной осевой деформацией // Изв.вуз. Черная металлургия. 2012, № 4, с.68 – 70.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ С ДВУМЯ ВЫХОДНЫМИ ВАЛАМИ

Мартьянов В.Д.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Живаго Э.Я.

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

Мартьянов Владислав Дмитриевич «Исследование работы зубчато-рычажной планетарной передачи с двумя выходными валами». В исследовании приведены базовые сведения о планетарных механизмах, описано устройство и принцип работы планетарной зубчато-рычажной передачи с двумя выходными валами, также приведена его кинематическая схема.

Ключевые слова: планетарные механизмы, два выхода, зубчато-рычажная передача.

Механизм, состоящий из зубчатых или фрикционных колес, в котором геометрическая ось хотя бы одного из колес подвижна, называется планетарным механизмом.

Схема простейшей планетарной передачи представлена на рисунке 1.

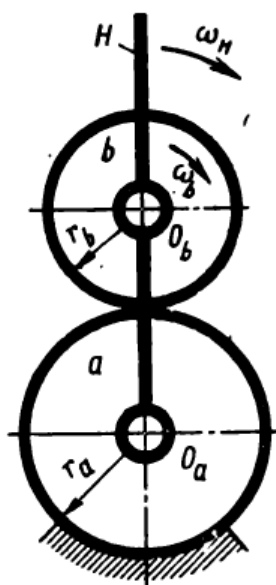


Рисунок 1 – Схема простейшей планетарной передачи

Колесо a радиуса r_a называется солнечным колесом (центральное колесо), а колесо b радиуса r_b , ось которого закреплена в подвижной рукоятке H , сателлитом (планетарное колесо). Колесо b обкатывается по колесу a . Подвижная рукоятка H называется водилом[1].

Зубчато-рычажная планетарная передача с двумя выходами относится

к области машиностроения, а именно, к планетарным передачам. В описанной двухсателлитной планетарной передаче, включающей два центральных зубчатых колеса, одно из которых ведущее, неподвижное зубчатое колесо с внутренним зацеплением, два сателлита и водило, согласно полезной модели, водило соединено со вторым выходным валом, при этом один из выходных валов выполнен полым, внутри которого соосно размещен второй выходной вал. Данная зубчато-рычажная передача с двумя независимыми выходами показана на рисунке 2.

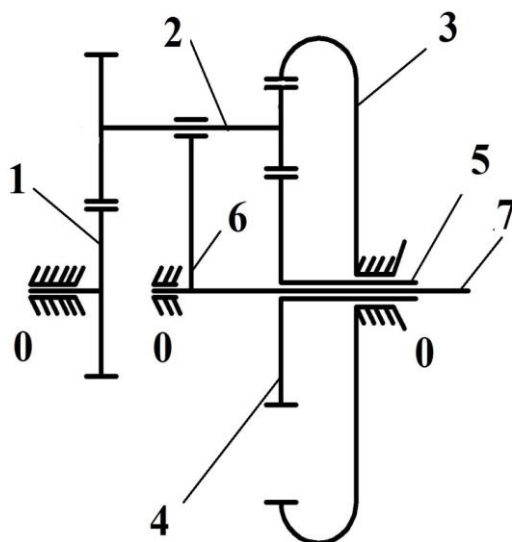


Рисунок 2 – Зубчато-рычажная передача с двумя выходными валами

Передача содержит неподвижную стойку 0, относительно которой осуществляется движение, центральное ведущее зубчатое колесо 1, сателлит 2, неподвижное зубчатое колесо с внутренним зацеплением 3, и центральное ведомое зубчатое колесо 4 соединенное с выходным валом 5, который выполнен полым. Сателлиты шарнирно соединены с водилом 6 рычаг которого заканчивается выходным валом 7, который расположен внутри полого вала 5.

Работает зубчато-рычажная планетарная передача с двумя независимыми выходами следующим образом: при задании движения центральному колесу 1, вращение от него передается на сателлит 2, а от него на ведомое центральное колесо 4 и водило 6, которые жестко связаны с выходными валами 5 и 7, что обеспечивает двум выходным валам движение независимое друг от друга и позволяют через единую планетарную передачу передавать нагрузку на два выходных вала[2].

Известно[3 стр. 40, формула 2,6], что подвижность плоских механизмов, к которым относится рассматриваемая передача, определяется структурной формулой Чебышёва П.Л., имеющей вид

$$W = 3n - 2p_5 - p_4, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев,

p_5 - число пар пятого класса (шарниров) и p_4 – число кинематических пар четвертого класса - пар зубчатого зацепления.

В предлагаемой передаче звенья между собой соединены в кинематические пары: неподвижные пятого класса p_5 (шарниры): I – ведущее колесо 1 с опорой 0, II – сателлит 2 с водилом 6, III – водило 6 с опорой 0, IV – выходной вал 5 с опорой 0, то есть количество пар $p_5 = 4$ и в двухподвижные пары четвертого класса p_4 (пары зацепления) – соединение сателлита с центральными колесами $p_4=3$. Таким образом, всего в механизме используется кинематических пар $p_5=5$, кинематических пар $p_4=3$, а общее число подвижных звеньев 1,2,4,6 $n=4$.

Подставляя эти значения в формулу (1), получим,

$$W = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 4 - 3 = 12 - 8 - 3 = 1$$

т.е. предлагаемая планетарная передача вполне работоспособна.

На рисунке 3 приведена схема кинематического исследования зубчато-рычажной передачи с двумя выходными валами с графиками линейных и угловых скоростей.

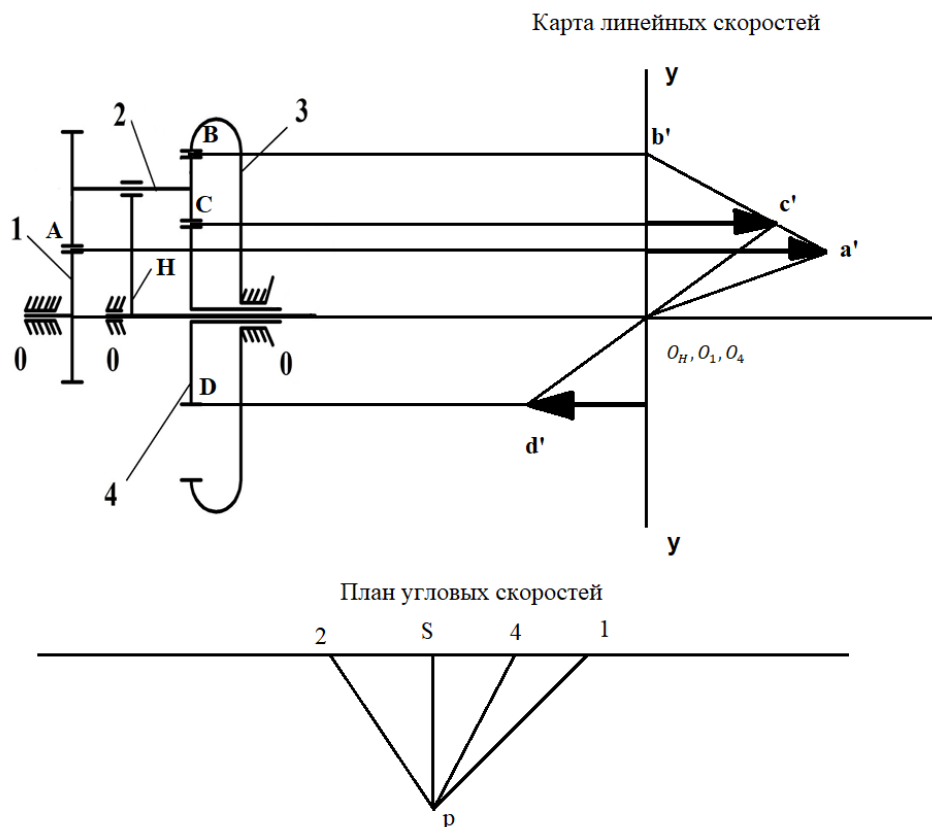


Рисунок 3 – Схема кинематического исследования планетарной зубчато-рычажной передачи с двумя выходами

Библиографический список

1. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи/ В.Н. Кудрявцев - Л.: Машиностроение, 1977. - 536 с.
2. Патент № 199917. Зубчато-рычажная планетарная передача с двумя независимыми выходами / Дворников Л.Т., Герасимов С.П. Мартыянов В.Д. - №2020122241; приоритет от 2020.06.30; опубл. 2020.09.28, Бюл. №28
3. Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин изд. четвертое «Наука», Москва, 1988г

УДК 621.01:621.837.3

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТРЕБУЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ

Мхитарян А.Л., Томшин Д.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Л.Н. Гудимова

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

Особое место среди машин дробления занимают щековые дробилки, связано это с тем, что они способны развивать наибольшие усилия дробления. Требуемая мощность электродвигателя для обеспечения процесса дробления материала устанавливается по зависимостям, которые учитывают только размеры и свойства дробимого материала. В настоящем исследовании предпринята попытка оценить затраты энергии на преодоления усилий (реакций опор), возникающих в соединениях звеньев (деталей).

Ключевые слова: дробилка, реакции опор, ускорение, скорость, уравновешивающая сила, мощность.

Известно [1, 2], что процесс дробления требует больших энергетических затрат, которые в щековых дробилках оцениваются свойствами дробимого материала и размерами подвижной щеки. Такой подход не учитывает затрат энергии, необходимой для работы механизма привода, и требуемую мощность двигателя назначают больше на 40 – 50% от полученной по существующим расчетным формулам. Для более точного расчета энергетических затрат предлагается суммировать мощности, которые необходимы на дробление материала и на работу механизма привода. Определить требуемую мощность структурной схемы механизма привода для преодоления сил сопротивления, можно при проведении кинематического и силового анализа. В работе поставлена и решена задача кинематического исследования щековой дробилки со сложным движением щеки. Такие щековые дробилки являются

четырёхзвенными шарнирными механизмами, а так как при соединении звеньев используют подшипники качения или скольжения, то в местах соединения возникают избыточные связи. Понятие и обоснование возникновения таких связей изложены в работе [3]. На рисунке 1, а представлена структурная схема механизма, содержащая избыточные связи, число которых по [3] $q = m(\sum p - n) = 3(4 - 3) = 3$ (все шарнирные механизмы, относятся к механизмам третьего семейства по классификации И.И. Артоболевского, т.е. $m = 3$, число подвижных звеньев $n = 3$, число шарниров $p = 4$). На рисунке 1, б, изображена безыбыточная по связям структура, так два шарнира (p_5), расположенные в соединениях *A* и *B*, заменены кинематическими парами четвертого (p_4) и третьего (p_3) классов и $q = 5p_5 + 4p_4 + 3p_3 + 2p_2 + p_1 - (6n - W) = 5 \cdot 2 + 4 \cdot 1 + 3 \cdot 1 - (6 \cdot 3 - 1) = 0$.

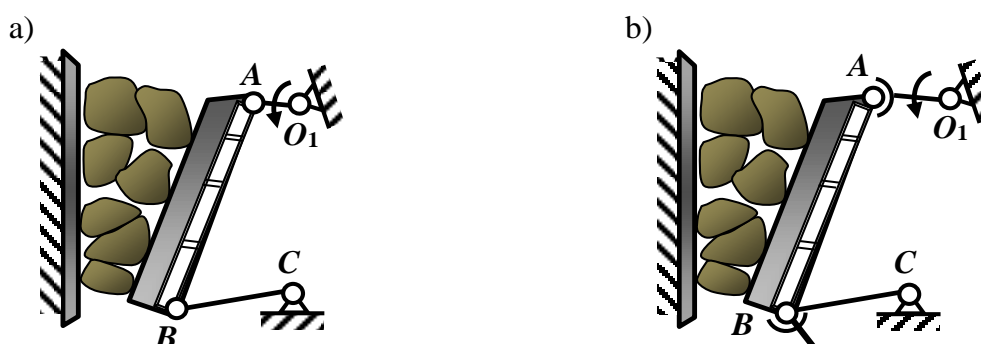


Рисунок 1 – Структурная схема щековой дробилки со сложным движением щеки с избыточными связями (а) и самоустанавливающаяся (б)

При определении реакций опор принято считать, что усилия, возникающие в местах шарнирных соединений, проходят через центр шарнира и неизвестными являются их величина и направления. Проведенные исследования в [3] показали, что в действительности, при наличии избыточных связей, становится неизвестной и точка приложения сил. Принимая это во внимание, предлагается определить реакции опор по классическим формулам ТММ, а затем, используя существующие рекомендации по назначению допусков при изготовлении деталей на соосность и параллельность, повторить расчет. В этом случае звенья механизма будут дополнительно нагружены моментами смещенных сил. Для решения этой задачи прежде всего необходимо провести кинематическое исследование и определить скорости и ускорения звеньев механизма. Используем графоаналитический способ.

Ведущим звеном является звено *AB* и линейную скорость точки *A*, совершающей вращательное движение, определяем по формуле

$$V_A = \omega_1 * O_1A = 33,3 * 0,014 = 0,46 \text{ м / с}$$

где O_1A – длина кривошипа (0,014 м);

ω_1 – угловая скорость вращения кривошипа (33,3 с⁻¹).

При построении плана скоростей принимаем стандартный масштабный

коэффициент $\mu_v=0,01$. Определяем два крайних положения кривошипа и исследуем механизм в шести положениях.

Чтобы найти точку b на плане скоростей, составляем систему уравнений

$$\begin{cases} V_B = V_A + V_{BA} \\ V_B = V_{BC} + V_{BA} \end{cases}$$

Применяя методику построения планов скоростей находим положения векторов скоростей всех точек звеньев (рисунок 2).

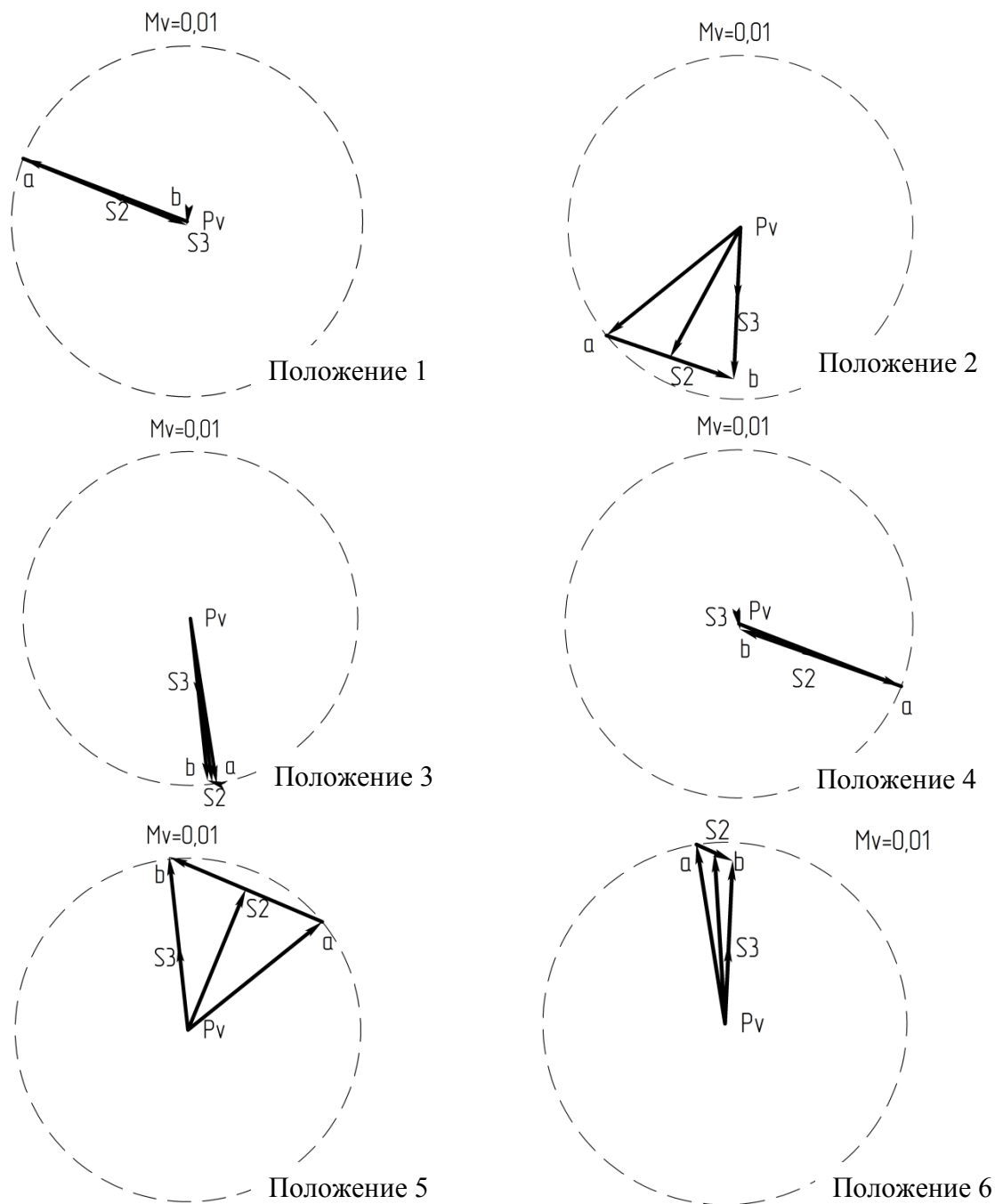


Рисунок 2 – План скоростей механизма

И определяем линейную скорость точки B , а также угловые скорости звеньев

$$V_B = p_V b * \mu_V = 40,6 * 0,01 = 0,4 \text{ м / с}$$

$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{AB}} = \frac{ab * \mu_V}{l_{AB}} = \frac{35,9 * 0,01}{0,25} = 1,44 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_3 = \frac{V_B}{l_{BC}} = \frac{p_V b * \mu_V}{l_{BC}} = \frac{40, * 0,01}{0,1} = 4,06 \text{ с}^{-1}.$$

Построение планов ускорений начинаем с определения ускорения точки A . При постоянной угловой скорости кривошипа ($\omega_1 = \text{const}$), ускорение этой точки

$$a_{AO_1}^n = \omega_1^2 * l_{AO_1} = 33,3^2 * 0,014 = 15,5 \text{ м / с}^2$$

Для определения ускорения точки B , составляем систему

$$\begin{cases} a_B = a_A + a_{BA}^n + a_{BA}^\tau \\ a_B = a_A + a_{BC}^n + a_{BC}^\tau \end{cases}.$$

Учитывая, что нормальное ускорение направлено вдоль звена к центру вращения, а касательное перпендикулярно звену находим положения векторов во всех шести положениях, результаты расчетов представлены в таблице 1 (планы ускорений в статье не приводятся).

Таблица 1 – Результаты расчетов кинематического анализа механизма

Номер положения	1	2	3	4	5	6	
Величины	$\omega_1, \text{с}^{-1}$	33,3					
	$\omega_2, \text{с}^{-1}$	1,850	1,436	0,105	1,810	1,773	0,402
	$\omega_3, \text{с}^{-1}$	0,098	4,063	4,489	0,145	4,664	4,131
	$V_A, \text{м/с}$	0,460					
	$V_B, \text{м/с}$	0,009	0,406	0,449	0,014	0,466	0,413
	$V_{BA}, \text{м/с}$	0,463	0,359	0,026	0,453	0,443	0,101
	$V_{S2}, \text{м/с}$	0,229	0,395	0,454	0,234	0,407	0,434
	$V_{S3}, \text{м/с}$	0,005	0,203	0,224	0,007	0,233	0,206
	$\varepsilon_1, \text{с}^{-2}$	0					
	$\varepsilon_2, \text{с}^{-2}$	15,042	36,634	58,892	39,850	46,811	72,780
	$\varepsilon_3, \text{с}^{-2}$	152,219	20,317	67,105	189,187	80,019	98,707
	$a_{AO}^n, \text{м/с}^2$	15,525					
	$a_{BC}^n, \text{м/с}^2$	0,001	1,651	2,015	0,002	2,155	1,706
$a_{BA}^n, \text{м/с}^2$	0,856	0,516	0,003	0,819	0,786	0,040	

Продолжение таблицы 1

Номер положения	1	2	3	4	5	6
$a_{BA}^t, \text{м/с}^2$	3,760	9,158	14,723	9,962	11,703	18,195
$a_{BC}^t, \text{м/с}^2$	15,222	8,542	6,710	18,919	8,002	9,870
$a_B, \text{м/с}^2$	15,222	8,700	7,007	18,919	8,292	10,017
$a_{S2}, \text{м/с}^2$	14,829	11,544	6,984	18,436	8,652	9,195
$a_{S3}, \text{м/с}^2$	7,611	9,157	0,701	1,892	0,829	1,002

Анализ полученных значений показал, что относительная скорость движения подвижной щеки в крайних точках положения кривошипа и полное ускорение точки **B**, имеют максимальные значения, кроме того, полученные результаты служат основой для проведения кинетостатического анализа, который позволит определить реакции в опорах и найти требуемую мощность электродвигателя.

Библиографический список

1. Клушанцев Б. В., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А. Дробилки. Конструкции, расчёт, особенности эксплуатации. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
2. Васильев А.С., Воронин И.А. Методология совершенствования щековых дробилок для дезинтеграции горных пород // Инновационные технологии в науке и образовании. 2017. №1-2. С. 9-11.
3. Гудимова Л.Н., Дворников Л.Т. Основы теории избыточности связей в механизмах. Новокузнецк: ООО Полиграфист, 2019. 174 с.

УДК 621.86

**СОЗДАНИЕ КАНАТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Таричко В.И.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Лагереv И.А.

*АО «Брянский автомобильный завод»
г. Брянск, e-mail: tarichman@yandex.ru*

В работе рассматриваются вопросы создания и моделирования рабочих процессов канатных транспортных систем нового поколения. К ним относятся городские пассажирские транспортные системы на основе технологии «Канатное метро» и мобильные транспортно-перегрузочные канатные комплексы. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых-докторов наук №МД-422.2020.8.

Ключевые слова: канатная дорога, канатная система, канатное метро, мобильная канатная дорога.

Канатные транспортные системы в виде стационарных подвесных или буксировочных канатных дорог получили широкое распространение для организации перевозки грузов и пассажиров в горной и труднодоступной местности.

В настоящее время продолжается закономерное развитие всех видов транспорта, в том числе и канатного. На основе ранее известных конструкций и новых технических решений идет разработка и создание перспективных видов канатных транспортных систем (см. рисунок 1) [1-3].



Рисунок 1 – Эволюция канатных транспортных систем

Для традиционных канатных дорог характерны недостатки, препятствующие их более широкому распространению. Среди них наиболее важными являются: ограниченная длина трассы, ограниченная пропускная способность, низкая степень резервирования основных механизмов. Стационарность несущих конструкций препятствует оперативной перестройке транспортной сети под изменяющиеся интересы пользователей. Кроме того, невозможно быстрое возведение стационарных конструкций в труднодоступной местности, в условиях Арктики, а также в сложной оперативной обстановке (в условиях чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов). Это объясняет актуальность создания новых поколений канатных дорог, лишенных данных недостатков.

Среди наиболее перспективных канатных транспортных систем нового поколения можно выделить городские пассажирские канатные системы на основе технологии «Канатное метро» и мобильные транспортно-

перегрузочные канатные комплексы (мобильные канатные дороги).

Транспортная технология «Канатное метро» является инновационной разработкой. Аналоги предложенной пассажирской инновационной технологии для урбанизированной среды в мире отсутствуют. Термин «Канатное метро» в настоящее время стал новым техническим словосочетанием, являющимся интеллектуальной собственностью в России и Европе, обозначающим инновационную технологию транспортировки пассажиров в безмоторных транспортных средствах, движущихся по стальному канату [1, 2].

Решаемая проблемная ситуация выглядит следующим образом: для эффективного развития пассажирского транспорта в региональных городах и мегаполисах необходимо создавать системы внеуличного скоростного пассажирского транспорта (метрополитены), однако в виду большой стоимости строительство метрополитенов на этих территориях невозможно. Эту проблему невозможно решить увеличением финансирования. Необходимо предложить новые виды внеуличного городского пассажирского транспорта, обладающие преимуществами метрополитенов, но существенно меньшей стоимостью строительства.

Привод систем «Канатное метро» является распределенным, что снимает ограничения на длину трассы, существенно повышает степень резервирования, и позволяет организовать гибкую маршрутизацию грузов или пассажирских кабин в рамках разветвленной транспортной сети. Технология «Канатное метро» требует минимального землеотведения под размещение необходимой транспортной инфраструктуры, что позволяет внедрять эту технологию даже в условиях сложившейся градостроительной обстановки центральных районов крупных городов и мегаполисов.

Мобильные канатные транспортно-переправочные комплексы (мобильные канатные дороги) многоцелевого назначения представляют собой канатные дороги, оборудование которых размещено на специальных шасси. В условиях сложной оперативной обстановки такие канатные дороги могут обеспечить быструю переброску сил и средств через различные преграды (реки, болота, овраги).

Несмотря на использование в конструкциях мобильных канатных дорог ряда применяемых в области канатных конструкций решений, в ходе работы над проектом было необходимо решить ряд критически важных задач. В первую очередь, разработать, обосновать и произвести патентную защиту перспективных конструктивных схем компоновки основного технологического оборудования на самоходных базовых шасси. В числе ключевых научно-технических проблем, которые также необходимо решить для успешного в дальнейшем производства эффективных мобильных транспортно-перегрузочных канатных комплексов – проблема обеспечения общей устойчивости базовых станций мобильных подвесных канатных дорог высокой грузоподъемности, разработка автоматизированных методов проектирования, тягового расчета и компоновки на базовых шасси приводных механиз-

мов движения, пространственной ориентации и натяжения несуще-тяговых канатов, а также вопросы обеспечения быстрой загрузки-разгрузки.

К настоящему моменту по теме исследования получены следующие результаты.

1. В ходе работы созданы научные основы исследования рабочих процессов многоканатных систем с распределенным приводом, построенных на базе мехатронных модулей с интеллектуальным управлением [4]. В их основе лежит разработанная комплексная математическая модель для моделирования рабочих процессов транспортной системы «Канатное метро», учитывающая взаимодействие отдельных подсистем, мехатронных модулей, влияние системы управления, случайные отклонения от нормальной работы.

2. Предложена структура цифрового двойника многоканатной транспортной системы с интеллектуальным управлением. Разработаны подходы к анализу протекающих рабочих процессов с целью предотвращения аварийных ситуаций. В их основе лежит имитационное моделирование динамики системы с использованием новых комплексных математических моделей и систем удаленной технической диагностики.

3. Разработана концепция агрегатно-модульного построения транспортной системы на основе инновационной технологии «Канатное метро», содержащая ключевые мехатронные модули (двигателя, кольцевого тягового каната, пассажирской кабины, станции, устройства маршрутизации), систему интеллектуального управления, а также реализующая концепцию принципиальной структура указанной системы.

4. Разработана общая методология проектирования и компоновки многоканатных транспортных систем, реализующая концепцию ее агрегатно-модульного построения из разработанных ключевых модулей и позволяющая варьировать структуру в зависимости от заданной цели или наращивать в случае необходимости.

5. Разработаны математические модели и методики оптимального проектирования многоканатных транспортных систем с целью повышения надежности, безопасности, экономичности, энергоэффективности.

6. Разработаны научно-обоснованные подходы к проектированию транспортной системы под заданную стоимость, включающие оптимизационные методы проектирования линий транспортной системы «Канатное метро», которые позволяют на этапе проектирования выбирать варианты строительно-компоновочных решений минимальной стоимости с учетом реальных условий местности и существующего размещения наземной инфраструктуры.

7. Разработана комплексная математическая модель для моделирования рабочих процессов мобильных канатных транспортно-перегрузочных канатных комплексов, учитывающая взаимодействие отдельных подсистем, мехатронных модулей, влияние системы управления, системы анкеровки, случайные отклонения от нормальной работы.

8. Выполнено методологическое обоснование принципов использования математических моделей, инженерных методов автоматизированного проектирования и методов компьютерного имитационного моделирования, анализа и оптимизации кинематики, динамики и прочности мобильных канатных дорог.

Полученные научно-технические результаты будут использованы при создании канатных дорог нового поколения.

Библиографический список

1. Короткий А.А. Развитие транспортной инфраструктуры крупных городов и территорий на основе технологии канатного метро [Текст] / А.А. Короткий, А.В. Лагерев, Б.Ч. Месхи, И.А. Лагерев, А.В. Панфилов. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. 344 с.

2. Лагерев А.В. Концепция инновационной системы городского транспорта «Канатное метро города Брянска» [Текст] / А.В. Лагерев, И.А. Лагерев, А.А. Короткий, А.В. Панфилов // Вестник Брянского государственного технического университета. 2012. №3. С. 12-15.

3. Лагерев А.В. Компоновка технологического оборудования на базовом шасси мобильного транспортно-перегрузочного канатного комплекса [Текст] / А.В. Лагерев, В.И. Таричко, И.А. Лагерев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2020. №3. С. 388-403.

4. Лагерев И.А. Изучение основ использования микроконтроллеров для создания выставочных объектов и рекламных конструкций [Текст] / И.А. Лагерев, И.И. Киятина, А.В. Химич // Ученые записки Брянского государственного университета. 2020. № 4. С. 7-12.

УДК 656.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЛУЖБЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ И АЭРОДРОМНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ АЭРОПОРТА

Кулаков М.В., Баталов К.А.

*Московский госКурдюковский государственный технический университет
гражданской авиации, г. Москва*

В статье рассмотрен процесс взаимодействия службы обслуживания воздушного движения и аэродромно-технической службы аэропорта. В рамках анализа были рассмотрены процедуры взаимодействия при осмотре взлетно-посадочной полосы перед началом выполнения полетов, выполнением взлета и посадки воздушного судна, которые охватывают целый ряд совместных операций. Для каждой процедуры оценены затраты времени задержки воздушных судов. Оценка производилась путем синтеза хронологии

взаимодействия служб в реальных условиях. На основе собранных данных построены блок-схемы взаимодействия служб обеспечения полетов аэропорта и службы обслуживания воздушного движения. Для наглядного сравнения существующей и предлагаемой модели взаимодействия служб были построены сетевые технологические графики взаимодействия служб на основе математической модели графа. Сетевой технологический график устанавливает последовательность событий обеспечения вылета одного воздушного судна, выполняющего регулярный рейс авиакомпании. В обеспечении вылета в рамках данного исследования задействованы служба обслуживания воздушного движения и аэродромно-техническая служба. Взаимодействие с производственно-диспетчерской службой аэропорта и экипажем воздушного судна носят условный характер, так как они в данном случае не влияют на технологию взаимодействия. Граф – это определенный набор точек (вершин), соединенных между собой линиями (ребрами). В случае нашего исследования вершины – это события (выполненные работы). Направленные отрезки (линии) – работы, связывающие события между собой. При оценке процесса взаимодействия при прилете и вылете рассматривались два случая: ВПП занята и ВПП свободна. ВПП могла быть занята по различным причинам: при нахождении на ней техники, людей или животных, а также при наличии стай птиц. Исследование технологии взаимодействия проводилось в течение 12 месяцев выполнения регулярных полетов.

Ключевые слова: обслуживание воздушного движения, воздушное судно, аэродром, пропускная способность, взаимодействие органов обслуживания воздушного движения, аэродромно-техническая служба, осмотр ВПП.

Аэропорт – это сложно организованная система, каждый из элементов которой отвечает за определенные операции. По мере развития мировой авиации эта система вместе со своими элементами совершенствовалась и приобретала современные очертания. Развиваясь, элементы системы совершенствовали связи между собой. Уровень отлаженности связей между элементами и совершенство применяемых технологий определяют эффективность использования воздушного пространства и ресурсные затраты авиакомпаний, а также безопасность полетов. В данном исследовании рассматривается декомпозиция авиатранспортной системы на два элемента: службы обслуживания воздушного движения (ОВД) и аэродромно-технической службы аэропорта (АТС).

Для графического описания процесса взаимодействия рассматриваемых служб аэропорта, используется блок-схема, в которой отдельные лица или службы изображаются в виде блоков, соединенных между собой линиями, указывающими направление взаимодействия. Линии подразделяются на тип связи между блоками: радиосвязь, связь по телефону, какое-либо действие или устный доклад (команда).

В рамках анализа, а также для дальнейшей разработки технологии взаимодействия служб обеспечения полетов аэропорта, целесообразно использовать математическую модель графа [1]. Маршрутом называется череда последовательно соединённых вершин f_i и ребер e_i .

$$f = f_0, e_0, f_1, e_1, \dots, e_{n-1}, f_n = g$$

где $e_i = (f_i, f_{i+1})$, f – начало маршрута,
 g – конец маршрута.

В маршруте e и f могут повторяться. Если все e различны, то маршрут называется «цепь». В цепи f могут повторяться. В том случае, когда все f отличаются, тогда она называется «простая цепь».

Последовательность вершин на рисунке 1 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_4, x_5$ есть маршрут из x_1 в x_5 , а вершины x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 определяют простой путь из x_1 в x_5 .

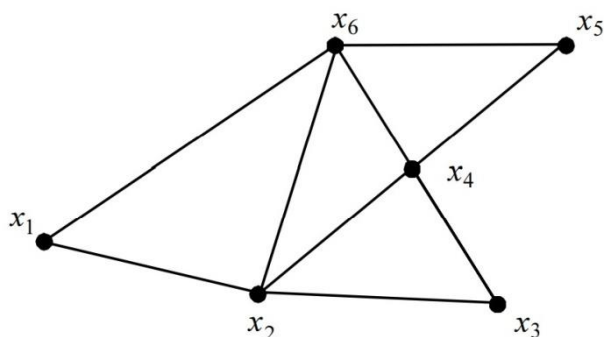


Рисунок 1 - Маршрут в графе

Безусловно, затраченное время на каждую отдельную работу, показанную на сетевом графике, можно определить математическим путем, зная несколько вводных. Но данные, полученные в реальных условиях, несут в себе больше достоверности, и отвечают главной цели – оценить и улучшить процесс.

Чтобы качественно оценить эффективность технологии взаимодействия, рассмотрен такой параметр, как время. Был произведен сбор аналитической информации по затраченному времени службами ОВД, АТС и производственно-диспетчерской службы (ПДС) на выполнение 9-ти различных видов работ. Перечень исследуемых работ показан в табл. 1. Исключение случайных событий обеспечил существенный объем выборки – 12 месяцев выполнения полетов.

На первом этапе производились хронометрические исследования процесса обеспечения вылета воздушного судна (ВС) при условии взлетно-посадочная полоса (ВПП) свободна. На основании собранных данных строился сетевой график с использованием математической модели – графа. Сетевой график представлен на рис. 3.

На втором этапе производились хронометрические исследования процесса обеспечения вылета ВС, при условии, что ВПП занята. На основании

собранных данных строился сетевой график, представленный на рис. 5. ВПП была заблокированная по различным причинам: техника, люди, животные, птицы.

Сетевой технологический график устанавливает последовательность событий обеспечения вылета одного ВС, выполняющего регулярный рейс авиакомпании. Обеспечением вылета в рамках данного исследования занимаются два действующих лица: служба ОВД и АТС. Влияние службы ПДС и экипажа ВС на данный процесс носят условный характер, потому что от них в данном случае не зависит технология взаимодействия между службами ОВД и АТС.

Выполнено исследование технологии взаимодействия служб ОВД и АТС при осмотре ВПП перед вылетом и прилетом ВС [2]. Исследование показало, что существующая технология взаимодействия имеет ряд существенных недостатков, влияющих на пропускную способность аэродрома, расход топлива ВС, а также на безопасность полетов:

1. Анализ технологии взаимодействия при обеспечении вылета одного регулярного рейса показал задержку ВС – 15,4 мин. При этом ВПП свободна. Задержка образуется по ряду причин, связанных с неспособностью Ответственного лица АТС осмотреть ВПП заблаговременно.

2. Анализ технологии взаимодействия показал задержку ВС – 21,4 мин, а среднее время занятия самолетом исполнительного старта составляет 14 мин. При этом ВПП занята.

3. Анализ технологии взаимодействия при обеспечении прилета ВС показал возможную задержку 5 мин. в случае ухода ВС на второй круг. Уход ВС на второй круг по причине занятой ВПП несет дополнительные топливные расходы для авиакомпании. Задержка образуется вследствие того, что осмотр ВПП машиной АТС часто осуществляется в спешке. Это в свою очередь приводит к снижению качества осмотра и уровня безопасности полетов.

Библиографический список

1. Берцун В.Н. Математическое моделирование на графах. Томск, 2006 г. С. 88.
2. Кулаков М.В., Чехов И.А. Анализ технологии взаимодействия органов ОВД на рубежах приема-передачи управления. // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. № 05. С. 23–33

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНОЙ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ 4 - ОСНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Абдирахманов Ж.А., Балтаев М.Б.

*Ташкентский государственный транспортный университет,
г. Ташкент, tytmabdiraxmanov@yandex.ru*

В статье рассматривается обзор основных схем тормозных рычажных передач применяемых на грузовых вагонах России и СНГ. Показаны присущие этим схемам достоинства и недостатки. Рассмотрены методики совершенствования тормозных систем и произведен анализ теоретических методов оценки их конструкций.

Ключевые слова: тормозные системы, тормозной цилиндр, тормозная рычажная передача, тормозные колодки.

В современных экономических условиях вопросы повышения безопасности, надежности и эффективности работы подвижного состава приобретают наибольшую актуальность. В этом плане важное место занимают вопросы проектирования, эксплуатации, обслуживания и ремонта тормозных систем. На сегодняшний день около 20 % отказов приходится именно на тормозное оборудование [3].

На сети железных дорог Узбекистана находится большое разнообразие грузовых вагонов, которое обусловлено свойствами и условиями перевозки народнохозяйственных грузов. Кроме того, грузовые вагоны различаются по грузоподъемности, осности и т.д.

Эти условия накладывают определенные требования к конструкции подвижного состава для обеспечения надежности, безопасности и достаточно высокой скорости движения грузовых поездов.

При этом немаловажную роль играют тормоза, от эффективности которых, определяемой длиной тормозного пути, зависит допустимая скорость и обеспечение безопасности движения поездов [4].

Тормозное оборудования вагона – один из важнейших элементов вагона, от технического состояния которого напрямую зависит безопасность движения. В наше время в механической части тормозного оборудования используются фрикционные колодки двух типов: чугунные и композиционные. Стандартные чугунные колодки нашли применения, в основном, на пассажирском подвижном составе, который обращается со скоростями до 120 км/ч, и на локомотивах. К преимуществам использования таких колодок можно отнести высокий коэффициент теплопередачи, низкое воздействие влажности на коэффициент трения. В то же время такие колодки имеют нестабильный коэффициент трения, который снижается при повышении скорости, что обуславливает необходимость использовать на скоростном по-

движном составе сложные и дорогостоящие регуляторы сил нажатия колодок в зависимости от скорости движения. К тому же чугунные колодки быстро изнашиваются и требуют значительного объема работ на замену, регулировку тормозной передачи.

В грузовых вагонах применяется, в основном восемь типов механических схем тормоза, которые в большинстве своем состоят из следующих основных узлов:

- узел ТЦ;
- передаточные узлы;
- механизмы ТРП тележек ;
- узел авторегулятора рычажной передачи.

ТРП (тормозных рычажных передач) грузовых вагонов передает силу давления сжатого воздуха в тормозном цилиндре на тормозные колодки. В процессе передачи усилие от штока цилиндра к колодкам ТРП преобразует это усилие, как правило, увеличивая его. Степень преобразования усилия определяется передаточным числом рычажной передачи. ТРП обеспечивает постоянное прилегание тормозной колодки вместе с колесом, а также ее сползанию с конусообразной поверхности колеса. При отпуске тормоза ТРП обеспечивают равномерный отход колодки от колеса.

Тормозные рычажные передачи, имеющие тормозной цилиндр 1, оборудованный кронштейном, мертвой точки 6 и расположенный между горизонтальными головным 3 и тыловым 4 рычагами, соединенных затяжкой 5, называется симметричной (рисунок 1).

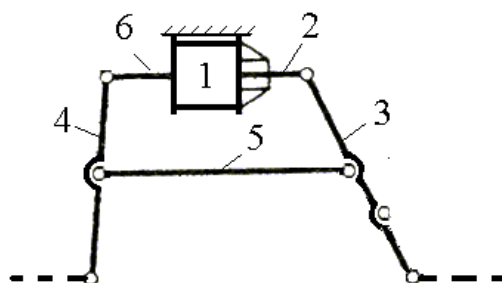


Рисунок 1. Симметричная рычажная передача

При несимметричной тормозной рычажной передаче тормозной цилиндр 1 расположен в самом начале рычажной системы, т.е. к штоку 2 крепится головной рычаг 3, через который и передается усилие сжатого воздуха дальше (рисунок 2). Тормозная схема имеет звено 4, один конец которого шарнирно крепится к головному рычагу 3, а другой жестко крепится через шарнир.

Тормозная рычажная передача представляет собой одну из наиболее сложных механических систем, применяемых на подвижном составе. В тоже время автотормозная техника является одним из важнейших элементов железнодорожного транспорта, от уровня развития и состояния которого, в значительной мере зависит безопасность движения поездов.

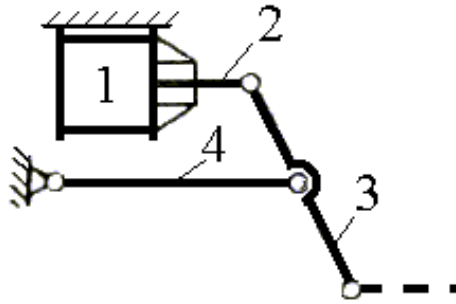


Рисунок 2 - Несимметричная тормозная рычажная передача

Типовая конструкция тормозной рычажной передачи грузового специализированного вагона предусматривает возможность использования как композиционных, так и чугунных колодок, но в последнее время практически все грузовые вагоны используют именно композиционные колодки.

Специализация наиболее массивных элементов механической передачи под композиционные колодки, а также оптимизация их формы позволит упростить конструкцию, техническое обслуживание и ремонт, уменьшить их массу и стоимость.

Эксплуатация вагонов с этой схемой показала, что данная схема является наиболее удачной, благодаря относительной простоте конструкции, обеспечивающей эффективную работу автотормоза. Но, несмотря на длительный опыт эксплуатации системы, на вагонах происходит значительный износ шарнирных соединений, требующий постановки износостойких втулок, износ манжеты тормозного цилиндра, изгиб штока и элементов ТРП и т.д.

Конструкция ТРП, показанная на рисунке 3, представляется сравнительно простой с точки зрения определения параметров и рабочих характеристик ТРП.

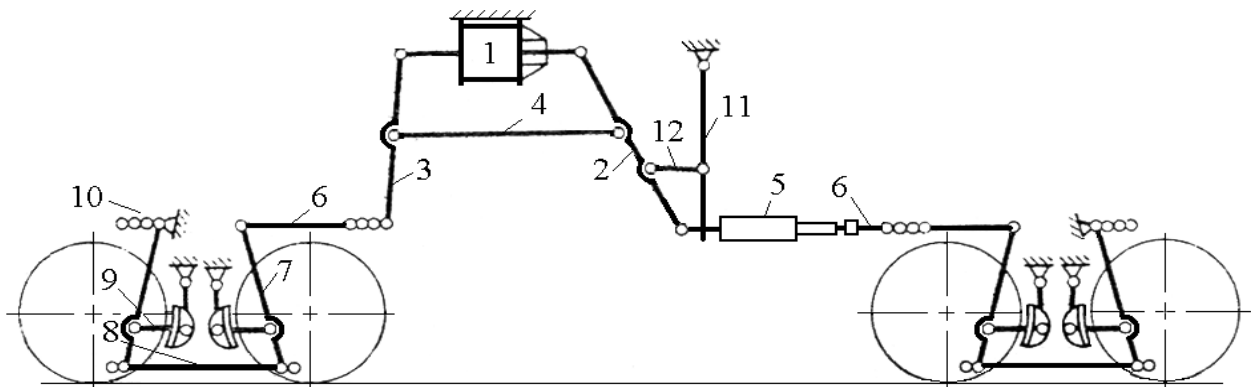


Рисунок 3 - Вагоны-хопперы моделей 17-494 и 17-431 для перевозки нефтебитума

Однако следует отметить, что использование типовой схемы ТРП четырехосного вагона не всегда является возможным. Это связано с тем, что

некоторые вагоны в силу своих конструктивных особенностей, как, например, вагоны бункерного типа, имеют пространственные ограничения, не позволяющие разместить типовую тормозную рычажную передачу. Поэтому из-за стесненности пространства между бункерами таких вагонов тормозной цилиндр, запасной резервуар (ЗР) и воздухораспределитель (ВР) устанавливаются сверху на раме одной из консольных частей вагона, то есть схема является несимметричной. Основным механизмом ТРП грузовых вагонов структурно может быть расчленен на следующие группы звеньев:

- начальное звено (поршень Р тормозного цилиндра) с заданным относительным движением;

- первая группа звеньев, состоящая из горизонтального тылового рычага 2, соединённого со стойкой, и затяжки 4, которая подвижно соединена, в свою очередь, с другим подвижным звеном (с горизонтальным головным рычагом 3), и образующая группу Ассур первого вида ВВВ (В – вращательная пара);

- вторая группа звеньев, которые состоят из штока 1, соединённого с начальным звеном (поршнем Р) с заданным относительным движением, и горизонтальным головным рычагом 3, который подвижно соединён, в свою очередь, с другим подвижным звеном (с затяжкой 4), и которые также образуют группу Ассур первого вида ВВВ. Исходя из этого, можно отметить, что основным механизмом ТРП грузовых вагонов из-за своеобразия структуры и принципа работы относится к особому классу механизмов, требующего разработки своего подхода для построения математической модели движений их звеньев. Исходя из этого, у ТРП грузовых вагонов шестизвенную (при сферическом соединении поршня со штоком) или пятизвенную (при жёстком соединении поршня со штоком) замкнутую кинематическую цепь (т.е. основным механизмом) самостоятельно назовем рычажным механизмом с заданным движением начального звена относительно неподвижного цилиндра или вкратце «рычажным механизмом с неподвижным цилиндром» [1].

Анализируя конструктивное исполнение основного механизма ТРП грузовых вагонов, можно отметить, что он состоит из пяти (в случае сферического соединения поршня со штоком) или из четырех (в случае жёсткого соединения поршня со штоком) подвижных звеньев – поршня со штоком, являющегося звеном с заданным относительным движением и движущегося относительно жестко прикрепленного к раме вагона тормозного цилиндра, горизонтальных рычагов, одна из которых шарнирно связана с кронштейном тормозного цилиндра, а другая – со штоком, связанным с поршнем со сферической парой (или жёстко), и затяжки, шарнирно связывающей горизонтальные тяги между собой, пяти низших, причем одного поступательного и четырех вращательных, и одного сферического кинематических пар. В связи с этим, можно отметить, что тормозные рычажные передачи грузовых вагонов относятся к механизмам с одной степенью свободы. Таким образом, анализируя структурное строение основного механизма ТРП грузовых вагонов,

можно особо отметить, что такой механизм в случае сферического соединения поршня со штоком является шестизвенным, а в случае жёсткого соединения – пятизвенным и в обоих случаях рычажным механизмом с одной степенью подвижности вместо механизма с двумя степенями подвижности, известного в теории механизмов. Поэтому такой механизм из-за своеобразия структуры и принципа работы относится к особому классу механизмов, требующего разработки своего подхода для построения математической модели движений их звеньев.

Библиографический список

1. Болотина А. Б. Исследование параметров и совершенствование конструкций механической части тормозных систем грузовых вагонов с учетом перспективных условий эксплуатации. автореферата по ВАК РФ 05.22.07, кандидат технических наук

2. Юдин В.А. Технические требования на тормозную систему грузовых вагонов для перспективных условий эксплуатации. МИИТ. - NT.р.01880032131.- 1989.-161 с.

3. Исраилов У.Ш. Об особенностях конструкций и о совершенствованиях тормозных систем грузовых вагонов. Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Ташкент, Узбекистан)

4. Болотина А.Б. Исследование параметров и совершенствование конструкций механической части тормозных систем грузовых вагонов с учетом перспективных условий эксплуатации: Автореф. дисс. канд. тех. наук - 05.22.07 / МИИТ.1999. - 22 с.

УДК 62-529

КОЛЛАБОРАТИВНЫЕ РОБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Фадеев Р.Н.

*Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
г. Владимир, e-mail: faddevroman.shua@gmail.com*

В данной статье рассматриваются перспективы применения коллаборативных роботов в машиностроении. Приведены примеры внедрения коллаборативных роботов на предприятиях немецкого автопрома. Анализируются различные типы взаимодействия человек – машина и их характеристики, сравниваются модели традиционного промышленного робота и коллаборативного робота.

Ключевые слова: автоматизация, коллаборативные роботы, взаимодействие человек – машина.

Автоматизация с использованием промышленных роботов была движущей силой на предприятиях в течение последних десятилетий. В настоящее время схема взаимодействия людей и машин меняется. Самые современные роботы сегодня способны взаимодействовать с людьми, обеспечивать гибкую и индивидуальную организацию процессов, а также интеграцию новых видов деятельности в децентрализованное производство.

Коллаборативный робот – это особый тип промышленных роботов, созданный для совместной работы с человеком, спроектированный так, чтобы не подвергать опасности находящегося рядом работника. Коллаборативные роботы (коботы) всегда имеют специальные датчики для обеспечения его безопасности – оптические, датчики движения, датчики обратной связи.

Компания Audi была одной из первой по применению новых коллаборативных роботов, используя промышленный манипулятор для передачи расширительных баков охлаждающей жидкости рабочим на своем производственном объекте в Неккарзульме [4].

На участке предварительной сборки приводов на заводе в Вольфсбурге с середины мая 2016 года сотрудники работают рядом с коботом. Пока специалисты с помощью аккумуляторной отвертки устанавливают стартер, он трудится над тем же агрегатом, закручивая винты на шарнирном креплении опоры в труднодоступных для человека местах. Революционное изменение во взаимодействии людей и робота (взаимодействие человек – машина, HRI) состоит в том, что теперь их можно не разделять защитным ограждением. Датчики способны распознавать любые внешние воздействия. Если сотрудник случайно коснется робота, тот перестает двигаться, чтобы исключить любые риски. Соединение шарнирных опор на участке предварительной сборки приводов стало первым процессом HRI, используемым в серийном производстве на предприятии Volkswagen. В скором времени планируется внедрить и другие аналогичные операции [1].

Свой первый коллаборативный промышленный робот компания BMW Group приобрела еще в 2013 году. Решение автоматизации уверенно заняло свое место среди рабочих на конвейере концерна в Спартанберге в США и используется для установки звукоизоляции дверей [2]. Сегодня на заводах BMW Group используется более 100 коллаборативных роботов. Они взяли на себя задачи, которые требуют больших физических усилий, высокого уровня точности и концентрации. Например, на заводе BMW Group в Дингольфинге компактный промышленный робот устанавливает конические шестерни весом до 5.5 кг. В такой производственной зоне рабочие и коллаборативные манипуляторы работают «рука об руку» в ограниченном пространстве без каких-либо защитных ограждений. Датчики безопасности постоянно контролируют выполняемые устройством функции и немедленно останавливают процесс при обнаружении какого-либо препятствия.

Немецкая автомобильная промышленность посредством представления малых совместных роботов на сборочной линии удерживает Германию

на передовых позициях в формировании четвертой промышленной революции (индустрии 4.0) [1,3].

Проанализированные нами типы HRI и их характеристики представлены в таблице (таблица 1).

Таблица 1 - Различные типы взаимодействия человек – машина и их характеристики

Характеристики	Автоматизация с помощью промышленных роботов	Автоматизация с помощью роботов		
Типы HRI	Ячейка/Клетка	Сосуществование	Сотрудничество	
				
Рабочие шаги	Последовательно			Одновременно
Рабочая зона	Отдельные рабочие места		Общее пространство для совместной работы	
Рабочие задачи	Задачи не связаны		Связанные задачи	Общие задачи
Физический контакт	Невозможен		Возможен, но не обязателен	Возможен, часто желателен
Минимальные требования безопасности	Автоматическая работа с мерами безопасности	Контролируемая остановка с рейтингом безопасности	Контроль скорости и разделения	
			Ограничение мощности и силы	
Скорость робота	Максимальная скорость	Ограниченная скорость		

Термин «кобот» впервые был использован в описании патента, определяющем HRC как метод прямого физического взаимодействия между человеком и универсальным манипулятором, управляемым компьютером. С технической точки зрения коботы часто представляют собой небольшие и легкие роботы, которые относительно недороги по сравнению с традиционными промышленными роботами. Как правило, они имеют менее опасные

края корпуса и встроенные датчики для надежного обнаружения намеренного или непреднамеренного контакта с окружающей средой.

В таблице (табл. 2) сравниваются две модели роботов немецкого производителя KUKA с сопоставимой полезной нагрузкой. В отличие от промышленного робота KR6-2, легкая модель робота LBR iiwa 7 обладает необходимыми механизмами безопасности для использования в сценариях совместной работы [5].

Таблица 2 - Сравнение обычного промышленного робота с коллаборативным роботом

Модели роботов	Традиционный промышленный робот (KR6-2)	Кобот - легкий робот (LBR iiwa 7, R800)
Полезная нагрузка	6 кг	7 кг
Максимальная дальность	1611 мм	800 мм
Вес	235 кг	23,9 кг
Максимальный размер (для вытянутой руки робота)	2036 мм	1306 мм
Количество осей	6	7
Точность	+/- 0,05мм	+/- 0,1 мм
Максимальная скорость одной оси	659 °/сек	180 °/сек

Различия в морфологии роботов очевидны. Кобот предназначен для предотвращения травм, таких как синяки или порезы от острых краев. Кабель также встроен в кобота, чтобы предотвратить возможные опасности, такие как удушение.

Обычный промышленный робот имеет большую максимальную дальность и максимальную скорость. Он также превосходит кобота по повторяемости. Более низкая повторяемость коботов обычно обусловлена требуемым согласованным поведением, предназначенным для обеспечения безопасности с точки зрения HRI. Такие специальные механические компоненты вместе со специальными стратегиями управления и сложным динамическим

анализом могут привести к снижению повторяемости. Робот предлагает дополнительную гибкость для возможных применений благодаря более низкому собственному весу и лучшей кинематике (семь осей).

Библиографический список

1. Егунов В. Индустрия 4.0: Коллаборативные роботы спасут немецкий автопром! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/industriya-4.0-kollaborativnyie-robotyi-spasut-nemeczkiy-avtoprom.html> (дата обращения: 05.04.2021).

2. Макрецкий А. Уровень роботизации завода BMW [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/video-dnya-uroven-robotizaczii-zavoda-bmw.html> (дата обращения: 05.04.2021).

3. Пономарёв А. Цифровая трансформация: как делают Porsche [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.popmech.ru/vehicles/392132-cifrovaya-transformaciya-kak-delayut-porsche/> (дата обращения: 05.04.2021).

4. Эрмант Е. Audi вошла в клуб производителей применяющих коллаборативные роботы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/audi-voshla-v-klub-proizvoditelej-primenyuayushhix-kollaborativnyie-robotyi.html> (дата обращения: 05.04.2021).

5. Автоматизация в автомобильной промышленности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kuka.com/> (дата обращения: 05.04.2021).

УДК 624.072.327.2

СИНТЕЗ ДЕСЯТИСТЕРЖНЕВОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ АРКИ

Устименко А.Е., Зокиров М.Х.

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Дворников Л.Т.,
канд. техн. наук, доцент Баклушина И.С.**

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

Создание конструктивной схемы десятистержневой двухопорной арки с использованием многозвенных групп Ассура. Представлен алгоритм структурного синтеза стержневых систем с указанием зависимостей, определяющих возможные значения основных параметров на каждом этапе, проведено построение группы и получена арочная конструкция.

Ключевые слова: структурный синтез, кинематические цепи нулевой подвижности, замкнутый изменяемый контур, универсальная структурная система, стержневая конструкция, строительная арка.

Основной задачей строительной механики [1] является расчет стерж-

невых систем, в том числе и арочных конструкций. К известным и полностью исследованным схемам относятся бесшарнирные, двух-, трехшарнирные арки и арка с затяжкой. Более сложные стержневые конструкции арочного типа, отличающиеся оригинальностью исполнения, к большому сожалению, не имеют алгоритма построения и получены благодаря высокому уровню изобретательства ученых.

В настоящей статье будет показано поэтапное конструктивное решение задачи синтеза на примере десятистержневой двухопорной арки. Применяемый метод основан на принципах теории структуры машин, в частности на использовании плоских кинематических цепей нулевой подвижности.

Исходными данными для поставленной задачи являются следующие параметры:

- поскольку система плоская, число общих наложенных связей группы равно трем ($m = 3$);
- нулевая степень подвижности ($W = 0$);
- соединение звеньев шарнирное, т.е. применяются одноподвижные кинематические пары (p_5);
- группа должна иметь два свободных выхода при организации из нее двухопорной арки ($\delta = 2$);
- число звеньев группы, как и число стержней арки одинаковое и, согласно начальному условию, задано равным десяти ($n_{\text{а\o}} = n_{\text{с}} = 10$).

На первом этапе преобразуем универсальную структурную систему [2] в соответствии с исходными параметрами.

$$\begin{cases} p_5 = \tau + (\tau - 1) \cdot n_{\tau-1} + \dots + n_i + \dots + 2n_2 + n_1; \\ n = 1 + n_{\tau-1} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1; \\ 3n = 2p_5. \end{cases} \quad (1)$$

Количество одноподвижных кинематических пар (шарниров) определяется из приведённого уравнения системы (1) как

$$p_5 = \frac{3n}{2} = \frac{3 \cdot 10}{2} = 15. \quad (2)$$

Далее необходимо определиться со сложностью базисного звена (τ). Максимальное количество сторон или пар может быть подсчитано с учетом заданного количества подвижных звеньев по формуле

$$\tau_{\text{max}} = \frac{n}{2} + 1 = \frac{10}{2} + 1 = 6 \quad (3)$$

Тогда базисное звено, принимая значения $\tau=3, 4, 5$ или 6 будет представлено треу-, четырех-, пяти- или шестиугольником.

Не будем задаваться вопросом нахождения всего многообразия реше-

ний и ограничимся значением $\tau=3$.

С учетом вышеизложенного система (1) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 = 3 + 2n_2 + n_1; \\ n = 1 + n_2 + n_1. \end{cases} \quad (4)$$

Первое уравнение системы (4) определим число кинематических пар цепи, а второе количество и сложность звеньев, так называемых n_i звеньев, добавляющих в цепь по i пар. Стоит отметить, что решением системы будут значения целочисленными и положительными. Таким образом, в результате по (5) получается, что группа Ассуря помимо треугольного базисного звена ($\tau=3$) имеет три звена ($n_2=3$), добавляющих в цепь по две кинематические пары и шесть звеньев ($n_1=6$), добавляющих по одной паре.

$$\begin{cases} p_5 = 3 + 2n_2 + n_1; \\ n = 1 + n_2 + n_1 \end{cases}, \begin{cases} 15 = 3 + 2n_2 + n_1; \\ 10 = 1 + n_2 + n_1 \end{cases}, \begin{cases} 12 = 2n_2 + n_1; \\ 9 = n_2 + n_1 \end{cases}, \begin{cases} n_2 = 3 \\ n_1 = 6 \end{cases}. \quad (5)$$

На втором этапе находятся значения независимых параметров и диапазоны их возможных значений.

Количество ветвей кинематической цепи (параметр - γ) есть разность между общим числом пар и количеством нереализованных [2]

$$\gamma = p_5 - (n - 1) = 15 - (10 - 1) = 6. \quad (6)$$

а так как по условию задачи создается группа с двумя свободными выходами ($\delta=2$), то получаем присутствие четырех замкнутых изменяемых контуров (α) по формуле

$$\alpha = \gamma - \delta = 6 - 2 = 4. \quad (7)$$

Еще одним важным параметром по [2] является общее количество сторон цепи, который будет найден следующим образом

$$\lambda = \tau + \sum_{\tau}^1 i \cdot n_{(\tau-1)} = 3 + 3n_2 + 2n_1 = 24 \quad (8)$$

С введением в цепь замкнутых изменяемых контуров общее количество сторон увеличивается на их число и определяется по зависимости

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda + \alpha = 24 + 4 = 28 \quad (9)$$

Теперь необходимо установить границы диапазона возможных значений числа внутренних ($\lambda_{\hat{a}}$) и наружных сторон ($\lambda_{\hat{i}}$), т.е.

$$\lambda_{\hat{a}_{\min}} \leq \lambda_{\hat{a}} \leq \lambda_{\hat{a}_{\max}} \quad \text{и} \quad \lambda_{\hat{i}_{\min}} \leq \lambda_{\hat{i}} \leq \lambda_{\hat{i}_{\max}} \quad (10)$$

Минимальное количество внутренних сторон с учетом наличия четырех замкнутых изменяемых контуров определится как

$$\lambda_{\hat{a}_{\min}} = 4\alpha = 16. \quad (11)$$

Максимальное количество представляет разность между суммарным числом сторон ($\lambda_{\Sigma} = \lambda_i + \lambda_{\hat{a}}$) и минимальным количеством наружных сторон, которое согласно [2] $\lambda_{i_{\min}} = 7$.

$$\lambda_{\hat{a}_{\max}} = \lambda_{\Sigma} - \lambda_{i_{\min}} = 28 - 7 = 21. \quad (12)$$

Выбираем из диапазона возможных значений $16 \leq \lambda_{\hat{a}} \leq 21$ один вариант, например $\lambda_{\hat{a}} = 16$, представленный суммой четырех чисел: $4+4+4+4$. Это означает, что в группе все четыре замкнутых изменяемых контура – четырехугольные.

Максимальное количество наружных сторон цепи с двумя свободными выходами определится разностью между суммарным числом цепи и минимальным количеством внутренних сторон ($\lambda_{\hat{a}_{\min}} = 16$), т.е.

$$\lambda_{i_{\max}} = \lambda_{\Sigma} - \lambda_{\hat{a}_{\min}} = 28 - 16 = 12. \quad (13)$$

Из полученного интервала возможных значений $7 \leq \lambda_i \leq 12$ выбираем $\lambda_i = 12$, представленного суммой двух чисел $5+7$.

Следует отметить, что при выборе λ_i и $\lambda_{\hat{a}}$ из интервалов значений, их сумма должна быть равна 28.

Третьим этапом считается построение группы нулевой подвижности (рисунок 1).

Последовательность построения, следующая: к базисному треугольному звену 1 присоединяется шарниром В звено 2, добавляющие в цепь две кинематические пары D и E. К шарниру D присоединяется звено 3, дающее две кинематические пары G и через F звено 4, вводит в цепь две пары K и I.

Теперь к шарниру С присоединяем звено 6, которое дает пару N, а звено 7, соединяя звенья 6 и 2 в шарнирах N и E, образует замкнутый контур CBEN, добавляя пару P. Звено 8, будучи введенным в цепь организует контур EDGP дает шарнир O, через который с помощью звена 9 получается третий контур FGKO. На завершающей стадии построения к звену 9 посредством шарнира R присоединяется звено 10, добавляющее пару M и звено 5, образующее четвертый замкнутый контур IKMR в шарнирах I и M и дающий свободную пару L.

Организация арки из группы Ассура происходит с учетом того, что не реализованные кинематические пары A и L образуют со стойкой две неподвижные шарнирные опоры.

Два трехпарных звена 1 и 5, являясь опорными, и преобразовываются в линейнодуговые стержни арки, путем смещений шарниров С и М, в которых реализуется связь со звеном 6 с одной стороны и со звеном 10 в шарнирах N

и R с другой. Стержни арки 1, 3 и 5 выполняются по линии, представляющей часть окружности с единым радиусом. Также стержни арки 6, 7, 9 и 10 выполняются тоже по линии, представляющей часть окружности с единым радиусом.

Звенья 2 и 4, построенные дугообразными стержнями, реализуют связи со стержнями 7 в шарнире E и 9 в шарнире K с одной стороны, а с другой совмещаются в узел B,D со стержнями 1 и 3 и в узел F,I со стержнями 3 и 5.

Звено 8 при совмещении пар P и O становится линейным, вертикально расположенным стержнем, соединяющим центральный стержень верхнего пояса 3 в шарнире G и в узле P,O стержни 7 и 9 (рисунок 2).

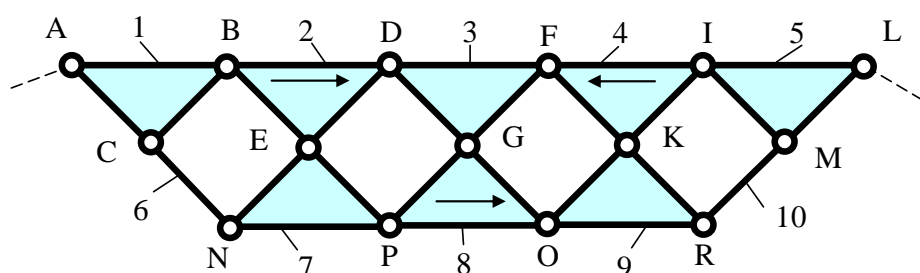


Рисунок 1 – Группа Ассура

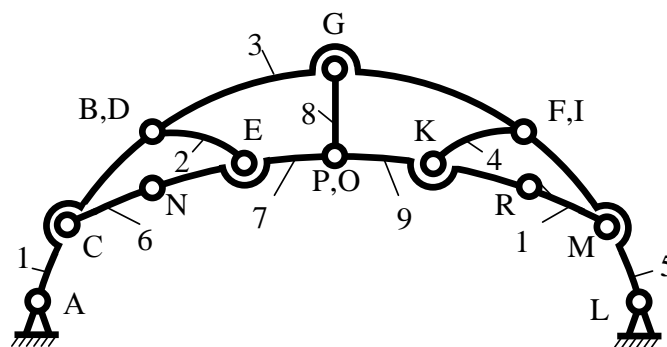


Рисунок 2 – Строительная арка

Десятистержневая строительная арка, включающая опорные дуговые стержни, соединенные стержнями затяжками, отличается тем, что опорные дуговые стержни выполнены трехузловыми, шарнирно соединены между собой дополнительным дуговым стержнем и системой стержней внутренней жесткости образуют между собой четыре секции их замкнутых четырехстержневых контуров. Предлагаемая полезная модель позволяет увеличить пролет и несущую способность конструкции.

Библиографический список

1. Дарков А.В. и др. Строительная механика : учебник для вузов / 7-е изд.. – М.: Высшая школа, 2008. – 600 с.
2. Дворников Л.Т. Начало теории структуры механизмов: учеб. пособие/Л.Т. Дворников. СибГГМА. – Новокузнецк, 1994. -102 с.

III ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 669.04674:62.56

ВОДОГРЕЙНЫЙ КОТЕЛ, РАБОТАЮЩИЙ НА БИОТОПЛИВЕ

Третьяков Р.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: tretikov97@mail.ru*

Рассмотрена возможность использования в теплоэнергетике водогрейных котлов, работающих на возобновляемом биотопливе, преимущественно из соломы в брикетах цилиндрической формы.

Ключевые слова: топливо, котельные установки, биомасса, брикеты.

Производство тепловой энергии из возобновляемых источников является характерной тенденцией развития мировой энергетики. В этой связи биомасса (солома злаковых культур, отходы деревообработки и т.д.) рассматриваются в качестве доступного, возобновляемого топлива.

Традиционно сжигание твердого топлива с целью получения тепловой энергии осуществляется в котлах с жаровыми или дымогарными трубами [1].

Как правило, такие котлы включают в себя стальной цилиндрический корпус, заполненный нагреваемой водой. Внутри или снаружи корпуса расположена цилиндрическая камера сгорания, которая соединяется газовыми панелями с параллельными дымогарными трубами. Коллектор отработанных газов, выходной газопровод, а также устройства для ввода топлива в камеру сгорания.

Сжигание биотоплива в таких котлах сопряжено с необходимостью обеспечения эффективного распределения воздуха по топочному объему. Невыполнение этого условия снижает общий коэффициент полезного действия котла и ведет к неоправданному расходу топлива.

Наиболее близко по технической сущности относится фермерский котел периодической загрузки для сжигания крупных брикетов соломы [2].

Котел содержит горизонтальную цилиндрическую топку, закрываемую с торца дверью. Непосредственно над топкой расположен теплообменный блок, представляющий собой кожух с расположенным в нем пучком жаровых труб. Межтрубное пространство кожуха, стенки котла, а также дверь связаны в единый контур, охлаждаемый водой. Котел снабжен системой подачи воздуха в зону горения топлива, состоящую из газодувки с регулируемой заслонкой и коллекторов. Отработанные дымовые газы выводятся из котла через газопровод.

Работа котла осуществляется в следующей последовательности. В топку устанавливается несколько брикетов и с помощью внешнего источника производится их розжиг. Дверь топки закрывается, и в зону горения подается воздух с определенным расходом. Выделяющиеся в процессе горения дымовые газы нагревают воду, циркулирующую через теплообменный блок, стенки и дверь котла. По мере выгорания соломы производится выгрузка золы из топки и закладка следующих брикетов топлива.

Конструкцию нельзя признать технически совершенной, поскольку при ее эксплуатации возникают затруднения в обеспечении равномерности выгорания брикета соломы, связанные главным образом с локальным подводом воздуха в зону горения и обуславливающие невысокую температуру в топке, длительность самого процесса горения брикета. При этом на низкотемпературных поверхностях котла возможно появление шлаковых отложений, что существенно снижает эффективность его работы. Громоздкая система теплообменных поверхностей котла, подверженных коррозии и отложению накипи, снижает его функциональную надежность и требует наличия сложной системы водоподготовки. Кроме того, при эксплуатации котла возникают неудобства при выгрузке золы, некомпактно накапливающейся на дне топки.

Известна конструкция водогрейного котла, работающего на биотопливе, преимущественно из соломы в брикетах цилиндрической формы, позволяющего повысить эффективность сжигания топлива при одновременном повышении эксплуатационных удобств и снижении шлакообразования на низкотемпературных поверхностях.

На рисунке 1 показан продольный разрез водогрейного котла. Он включает дымогарный теплообменный блок 1, внутри которого размещены пучки 2 и 2' труб, а с торцов к нему примыкают передняя 3 и задняя 4 газовые камеры, имеющие теплоизолированные люки 5 и 6, являющиеся одновременно торцовыми стенками соответствующих камер. Задняя камера 4 непосредственно соединена с выходным газоходом 7. Теплообменный блок 1, межтрубное пространство которого в рабочем состоянии заполнено водой, имеет патрубки 8 для подсоединения к коллекторам системы отопления. Топка 9 котла представляет собой стальную конструкцию из проката, являющуюся опорой для теплообменного блока 1 и охладителей свода 10, а также каркасом для обмуровки 11. Охладители свода 10 имеют патрубки (не показаны) для подсоединения к соответствующим коллекторам системы отопления. В передней части топки 9 расположены двухстворчатые теплоизолированные двери 12 для загрузки топлива. В верхней части топки 9 размещена камера дожигания газов 13 с пластиной 14, размещенной между верхним 2 и нижним 2' пучками труб, и с устройством для регулирования подачи воздуха 15 (например, шибер). В нижней части топки 9 установлена двухскатная колосниковая решетка 16, на которой размещают брикет 17 биотоплива. Уклон колосниковой решетки в сторону задней стенки топки составляет 3-5°. При углах наклона менее 3° загрузка брикета сопряжена с

необходимостью применения значительных усилий по его перемещению. При углах наклона более 5° в процессе загрузки возможно возникновение значительных ударных нагрузок на заднюю стенку, что также не желательно.

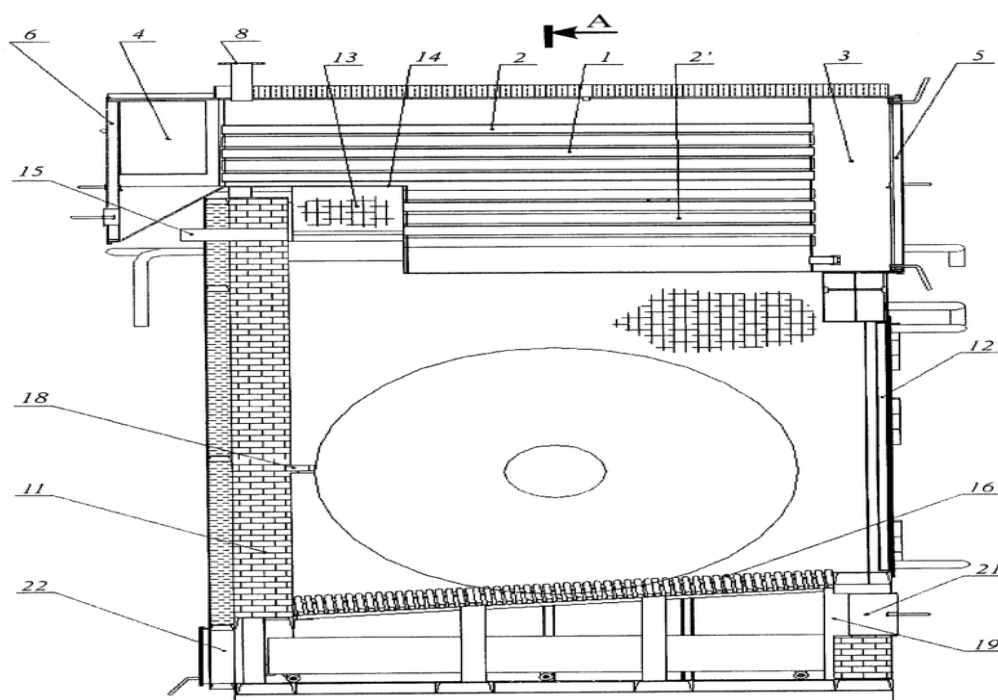


Рисунок 1 - Продольный разрез водогрейного котла

Кроме того, плоскости двухскатной колосниковой решетки в направлении дна топки должны иметь угол наклона не менее 10° для обеспечения условий обдува нижней части брикета и предотвращения зашлаковывания решетки с низкой температурой плавления золы и не более 20° для предотвращения преждевременного прогара охладителей свода.

Задняя стенка топки 9 оснащена упорами 18, выполненными в виде выступающих частей обмуровки из металлических элементов, вмонтированных в обмуровку. Непосредственно под колосниковой решеткой 16 расположена зольная камера 19 с накопителями золы 20. В передней стенке зольной камеры 19 размещено средство дозированной подачи воздуха, выполненное в виде поддувала 21. На задней стенке зольной камеры 19 расположены люки 22 для удаления золы, собранной в накопителях 20. Снаружи водогрейный котел теплоизолирован слоем минеральной ваты и закрыт металлическим кожухом.

На рис. 2 представлен фронтальный разрез водогрейного котла. Котел работает следующим образом. Водяной контур, образованный дымогарным теплообменным блоком 1 и охладителями свода 10, подключают через соответствующие патрубки к коллекторам системы отопления. Через двери 12 топки 9, нагретой предварительно до $400-500^\circ\text{C}$, на колосниковую решетку 16 вкатывают брикет соломы 17. Через поддувало 21 в топку 9 поступает не-

обходимый для горения воздух, расход которого регулируют степенью открытия поддувала 21. Воздух охлаждает колосниковую решетку 16, двери 12 топки 9, нагреваясь далее от обмуровки 11, обеспечивает интенсивное горение брикета соломы, что позволяет существенно увеличить температуру горения. Продукты горения поступают из топки 9 в камеру дожигания 13. Поступающий в камеру 13 через устройство 15 регулируемый поток воздуха обеспечивает дожигание летучих компонентов и дополнительное тепловыделение. Поток горячих дымовых газов проходит через нижний пучок 2' дымогарных труб, переднюю газовую камеру 3 и верхний пучок 2 дымогарных труб. При этом снимается основное количество тепла, содержащегося в дымовых газах. Далее газы последовательно проходят через заднюю газовую камеру 4 и под действием разрежения, создаваемого дымовой трубой (не показана), поступают в выходной газоход 7. Часть тепла от сгорания брикета соломы 17 снимается непосредственно в топке 9 котла с помощью охладителей свода 10. Зола с колосниковой решетки 16 падает в накопители 20 (например, выполненные в виде тележек) и удаляется из зольной камеры 19 через люки 22. Сажа и копоть из дымогарных труб 2 и 2' удаляются через люки 5 и 6. После полного сгорания брикета соломы двери 12 открывают и производят загрузку очередного брикета соломы [3].

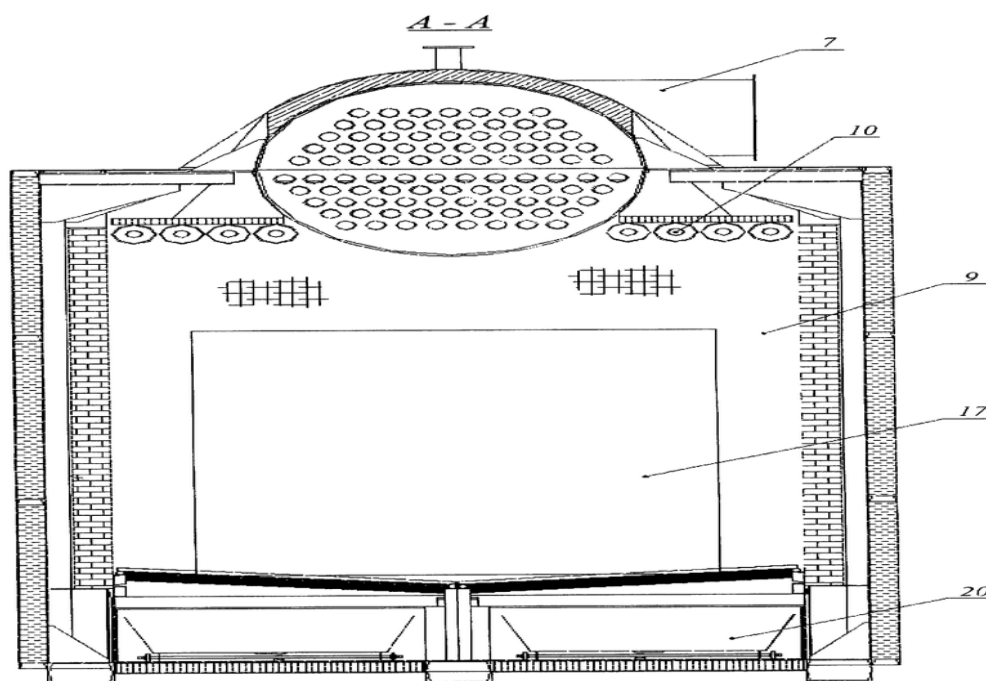


Рисунок 2 – Фронтальный разрез водогрейного котла

В собранном состоянии котел имеет габариты (длина x ширина x высота): 3320x3180x5700 мм и способен отапливать помещение объемом до 16000 м³. Цилиндрические брикеты диаметром 1,5 м, высотой 1,2 м, массой 200кг. Предварительными расчетами показано, что для обеспечения проектной тепловой мощности расход топлива должен составлять 300 кг/ч.

Таким образом, конструкция водогрейного котла, работающего на

биотопливе, преимущественно из соломы в брикетах цилиндрической формы, практически реализуема. Конструкция позволяет решить давно существующую потребность в надежных и эффективно работающих котлах, функционирующих на возобновляемом и доступном виде топлива.

Библиографический список

1. Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов / Л. Н. Сидельковский В. Н., Юренев. М. : Энергоатомиздат, 1988. 527с.

2. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Обзор технологий сжигания соломы с целью выработки тепла и электроэнергии. "Экотехнологии и ресурсосбережение" №6, 1998 г., с.3-11

3. Пат. RU2263852С1 Российская Федерация. Водогрейный котел, работающий на биотопливе, преимущественно из соломы в брикетах цилиндрической формы [Текст] / Сакович Г.В., Даммер В.Х., Даммер И.В., Васишин М.С., Зайцев Э.Д., Ворожцов А.Б.; заявитель и патентообладатель Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук. - № 2004111617/06, 2004.04.16; заявл. 16.04.2004; опубл. 10.11.2005

УДК 669.04674:62.56

КОТЛЫ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ СЖИГАНИЯ БИОТОПЛИВА

Третьяков Р.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: tretikov97@mail.ru*

Рассмотрена возможность использования в теплоэнергетике промышленных котлов, сжигающих твердое топливо и горючие отходы в кипящем слое.

Ключевые слова: топливо, биотопливо, котлы с кипящим слоем.

Котел содержит топку кипящего слоя с вводом топлива и выводом золы, образованный экранами с соплами вторичного дутья, один эжектор, при этом эжекторы расположены над выводом золы и направлены на экраны. Эжекторы имеют ввод транспортирующего воздуха в нескольких сечениях по высоте. Это позволяет упростить и удешевить конструкцию котла, повысить устойчивость топочного процесса и упростить эксплуатацию котла.

При сжигании топлива в топках с высокой температурой образуется большое количество диоксида азота NO_2 . Это высокотоксичный газ бурого цвета с удушливым запахом. При снижении температуры в топке до 1000°C и ниже диоксид азота почти не образуется. Это достигается сжига-

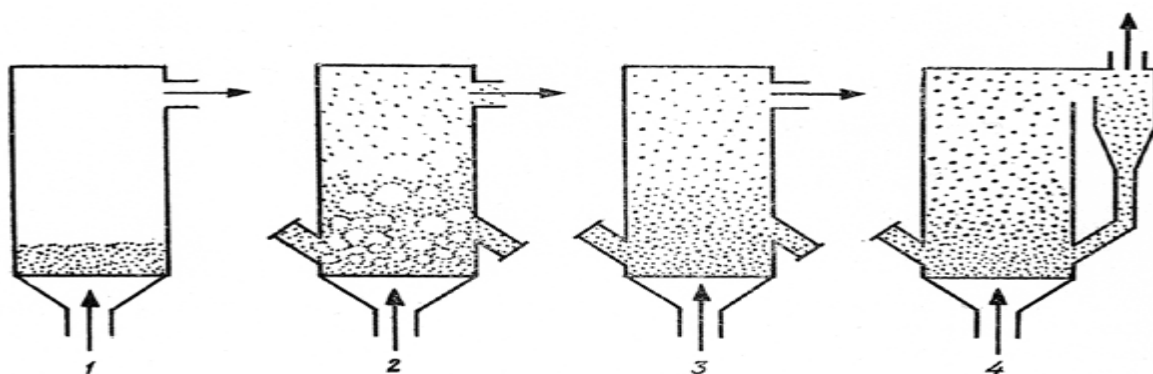
нием твердого топлива (каменного и бурого угля, сланца, древесных отходов, бытового мусора и т.д.) в кипящем (псевдоожигенном) слое [1].

Мелкозернистый горючий материал, размещенный на решетке топki, продувается снизу воздухом со скоростью, превышающей предел устойчивости плотного слоя. «Скорость ожигения» зависит от плотности горючего материала, от крупности частиц, обычно она находится в пределах 0,9...2,3 м/с. Возможные состояния системы «газ - частицы топлива» показаны на рисунке 1 [2].

При скорости продувки меньше критической частицы топлива лежат в плотном слое. Это – обычная слоевая топка. В топку с кипящим слоем первичный воздух подается снизу, измельченное топливо вводится через патрубок слева. Если превышена скорость ожигения, в слое происходит интенсивная циркуляция частиц, напоминающая пузырьковое кипение жидкости. Часть воздуха проходит через такой слой в виде пузырей, которые еще сильнее перемешивают горючий материал. Частицы циркулируют в объеме слоя до полного их выгорания. Для сжигания вынесенных из слоя частиц через правый патрубок вводится вторичный воздух.

С дальнейшим увеличением скорости продувки все большее количество мелких частиц выносится из кипящего слоя, происходит переход к режиму пневмотранспорта. В этом случае целесообразно применять сепарацию несгоревшего топлива (обычно в циклонных аппаратах газоочистки) с возвратом отсепарированных частиц в кипящий слой. Такой режим работы топki называют «циркулирующим кипящим слоем».

Внутри слоя размещаются трубы с нагреваемым теплоносителем, который отводит выделяемую теплоту. Контакт с движущимися горящими частицами топлива приводит к значительной интенсификации теплообмена. Благодаря сравнительно низкой температуре горения в топках с кипящим слоем не происходит расплавления золы, и поэтому она не налипает на поверхности теплообмена котла. В результате сокращаются затраты на очистку поверхностей теплообмена.



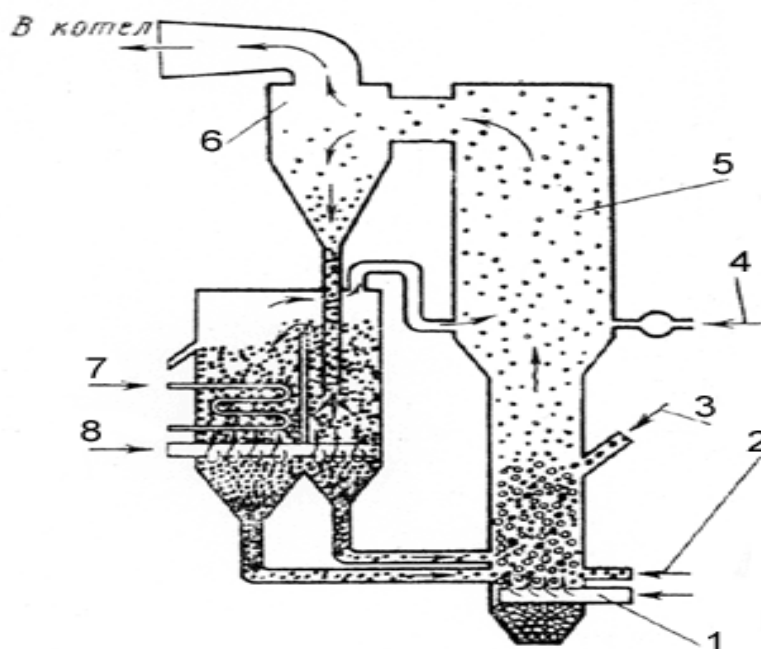
1 – слоевое сжигание; 2 – кипящий слой с пузырями; 3 – переход к пневмотранспорту; 4 – циркулирующий кипящий слой

Рисунок 1 - Топки с кипящим слоем [2]

Кипящий слой на 90 % и более состоит из частиц золы или специально добавляемого инертного материала (известняка, доломита, шамотной крошки). Поэтому в кипящем слое можно сжигать материалы с очень высокой зольностью. Введение известняка позволяет резко снизить выбросы диоксида серы SO_2 – этот токсичный газ переходит в безвредный гипс $CaSO_4$, удаляемый из топки вместе с золой. Увеличение концентрации топлива в слое приводило бы к появлению в продуктах сгорания водорода H_2 и оксида углерода CO .

Топки с кипящим слоем широко используются в промышленности для обжига различных руд, колчеданов, в сернокислотном производстве и т.п. В Финляндии, Швеции котлы с кипящим слоем широко применяются для утилизации отходов лесной промышленности (щепы, коры, опилок) и для сжигания фрезерного и кускового торфа.

В США, Англии, Франции котлы с кипящим слоем все шире применяются на ТЭС. В США мощность котельных установок с кипящим слоем достигла 200 МВт. На рисунке 2 показана схема топki с циркулирующим кипящим слоем фирмы BDC (США). В патрубок 1 подается первичный воздух, через шнековый питатель 2 – измельченный известняк, через патрубок 3 – топливо. В объеме 5 продолжается горение взвешенных частиц топлива. В циклоне 6 происходит очистка уходящих газов. Уловленные частицы догорают в бункере, в котором размещены змеевиковые теплообменники греющие питательную воду котла. Дополнительный воздух для дожигания твердого уноса подается через патрубок 8 [3].



1 – патрубок; 2 – шнековый питатель; 3 – топливо; 4 – вторичный воздух 5 – камера топki; 6 – циклон; 7 – подача воды; 8 – воздух

Рисунок 2 - Топка с кипящим слоем фирмы BDC [3]

Применение топок с кипящим слоем позволяет утилизировать громадное количество отходов. Котлы с кипящим слоем обеспечивают экономичное сжигание различных (низкосортных и трудно-воспламеняющихся) углей и отходов производства в низкотемпературном кипящем слое с минимизацией выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу.

Библиографический список

1. Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов / Л. Н. Сидельковский В. Н., Юренев. М. : Энергоатомиздат, 1988. 527с.

2. Шевердяев О.Н., Гвоздев В.М., Пахомов А.В., Желтова В.В. Сжигание в кипящем слое – перспективная технология для низкосортных топлив // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. – № 6. – С. 39-41.

3. Кубин М. Сжигание твердого топлива в кипящем слое. – М.: Энергоатомиздат, 1987.-146с.

УДК 621.181

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Табакова А.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведен обзор информации по проблеме повышения энергоэффективности теплоэнергетического объекта путем использования современных систем робототехники. Сформулированы мероприятия по реализации системы видеомониторинга на трактах топливоподачи и сжигания котлоагрегатов, работающих на твердом топливе.

Ключевые слова: энергоэффективность, процесс сжигания топлива, котлоагрегат, видеомониторинг, роботизация.

В экономике России энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство. Эффективность и экономичность работы оборудования тепловых станций во многом определяются выбором топлива и методом его сжигания, совершенством и правильностью эксплуатации оборудования и систем робототехники [1]. По данным Национальной ассоциации участников рынка робототехники в РФ установлено около 4000 промышленных роботов. Для сравнения: в Германии к настоящему моменту внедрено более 130 тыс. роботов и в последнее время было закуплено еще около 20 тыс. роботов. Относительный показа-

тель, называемый плотностью роботизации (количество роботов на 10 тыс. работников), составило два, в то время как этот же показатель у Южной Кореи – 631, у Германии – 309, у Сербии – более 100, а в среднем по миру – 74. Таким образом, Россия отстает от среднего уровня, включая страны с низким уровнем развития промышленности. По состоянию на 2019 год Россия занимает 27-е место по количеству устанавливаемых роботов в различных секторах экономики. Лидеры по внедрению подобных инноваций – Китай, Япония, Южная Корея, США и Германия. Эти страны являются и производителями более 74 % мирового объема роботов. Роботизация необходима для обеспечения глобальной конкурентоспособности российской экономики. По оценкам оксфордских исследователей из Martin School, изложенным в Programme on the Impacts of Future Technology, в ближайшие 20 лет до 45 % рабочих мест в развитых странах будут заменены роботами и компьютерными программами.

Как сообщают в министерстве энергетики РФ степень цифровизации российской энергетики скоро достигнет мирового уровня, поскольку внедрение в отраслях ТЭК современных цифровых технологий уже началось и быстро набирает обороты. Это повышает надежность работы энергосистем, снижает издержки, и позволяет с большей точностью управлять производственными процессами. Если раньше производственные данные собирались вручную, то сегодня есть подстанции, где до 80 процентов информации обрабатывается в автоматическом режиме. Эти технологии актуальны для труднодоступных регионов, где обслуживание оборудования вручную слишком дорого. К 2022 году прогнозируют появление цифровых взаимодействующих друг с другом систем в ТЭК. Они будут работать на принципе IoT, нейросетей и блокчейн. В ближайшем будущем датчик перестанет быть только измерителем, а начнет оцифровывать, анализировать и передавать информацию при помощи беспроводных технологий на верхний уровень. Следующим шагом цифровизации будет роботизация с сохранением всех технологий, которые уже внедрены. По мнению министерства энергетики пора создавать цифровые платформы, где будут сосуществовать потребители, производители оборудования и сетевые компании.

На отечественных энергетических объектах основные технологические процессы теплогенерации топлива в энергию теплоносителя остались неизменными. Соответственно неизменными остались и проблемы, волнующие тех, кто занимается эксплуатацией электростанций. Для них критичным является сохранение имеющегося в их распоряжении оборудования в работоспособном состоянии и внедрение технологий, способных повысить коэффициент полезного действия на 5 – 10 %, но не менее очевидно и другое: создание надежной, безопасной и экологичной энергетики без высококачественных систем управления невозможно, их появление - вопрос времени. В стране есть несколько станций, полностью собранных из импортных компонентов, снабженных всеми необходимыми компонентами АСУ ТП, чаще

именуемых сегодня системами диспетчерского контроля и сбора данных (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA); подобными станциями управляет один оператор.

В последние годы со стороны российских энергетических компаний наблюдается рост интереса к роботизированным решениям, прежде всего, в области удаленной диагностики оборудования. Сегодня в энергетике в основном используются мехатронные сервисные устройства, дроны и подъемно-транспортные роботы. Известны также решения для очистки поверхностей солнечных панелей от песка, снега и грязи, роботы для диагностики высоковольтных кабелей и ЛЭП, манипуляторы и краны. В последнее время активно применяют дроны для видеонаблюдения и мониторинга состояний протяженных энергообъектов. Уже сейчас в российской энергетике применяют роботы, которые помогают контролировать поверхности нагрева энергетических котлов [1]. Они в прямом смысле слова «ползают» по поверхностям котлов, снимают и передают видеоряд в систему аналитики, которая способна выявлять дефекты оборудования. Это ускоряет сроки проведения диагностики, так как робот может работать без перерывов и независимо от времени суток. Роботы для очистки солнечных панелей и для инспекции ветряков пока не получили широкого распространения в России, что связано с низким уровнем данных видов генерации.

Один из примеров применения роботов в области электрооборудования – малогабаритное электронное устройство с дистанционным управлением для проведения инспекции активной части больших масляных трансформаторов в случае их внезапного выхода из строя и необходимости кратко-срочно установить причину. Для осмотра ЛЭП применяется несколько видов роботов: дроны, позволяющие проводить верховые осмотры и транслировать изображение на экраны монитора, и роботизированные устройства, которые крепятся непосредственно на ЛЭП и позволяют проводить более детальный осмотр. Эти аппараты способны собирать видеоряд, который затем анализируется с помощью систем видеоаналитики. При использовании роботов снижается время простоя из-за аварийного отключения линий, повышается надежность энергоснабжения потребителей, а время на поиск дефектов и повреждений сокращается до 10 раз. Подобные схемы промышленного мониторинга используются в тяжелых отраслях промышленности [2, 3]. Предполагаемое применение систем видеонаблюдения за технологией теплогенерации в котлоагрегате твердотопливного горения представлено в таблице.

По мнению специалистов – дроны наиболее популярные роботы в технике. Мониторинг инфраструктуры в энергетическом секторе служит полем для развития множества видов автономных дронов, начиная с БПЛА для инспекции сетей ЛЭП и заканчивая беспилотными мобильными юнитами, проводящими проверку газовых и водопроводных труб изнутри. Особое развитие получили «подвесные» дроны, которые питаются энергией от проводов, а в атомной энергетике – дроны для проведения замеров радиации в опасных для

человека зонах. Один такой дрон использовался на Фукусиме. Специалисты считают, что вопрос экономической эффективности роботехники в энергетике необходимо исследовать отдельно по каждой категории роботов. Понятно, что в первую очередь эффективны роботы на опасных участках и объектах, где может пострадать человек. Существенные эффекты показывают дроны и подвижные платформы, которые способны пройти большие расстояния с высокой точностью распознавания дефектов. Можно предположить, что в будущем экономия будет достигаться не только в результате снижения цены на робототехнику, но и за счет сокращения числа специалистов «в полях», уменьшения количества дорогостоящих командировок в отдаленные и труднодоступные районы. Инновационные решения также позволят избежать неоправданного выхода оборудования из строя и, как следствие, дорогостоящего ремонта, а также значительно обезопасит работу обслуживающего персонала. Известны примеры плодотворного сотрудничества между ВИ-МЕНС, как официального представителя Kiberys Ltd, (Болгария) производителя робототехнических комплексов, и НПО «Белкотломаш» в области автоматизации процесса резки и сварки экранов водогрейных котлов.

Таблица 1 – Предполагаемое применение систем видеонаблюдения за технологией теплогенерации в котлоагрегате твердотопливного горения

Система котлоагрегата	Контролируемые технологические действия и параметры работы систем котлоагрегата	
	Динамические	Статические
1.Транспортировки твердого топлива по тракту	Движение твердого топлива по тракту (манипулятор, питатель, транспортерная лента, бункер, забрасыватель, решетка)	Наличие топлива на сладе. Работоспособность и исправность оборудования
2. Воспламенения	Движение механических элементов запальника. Формирование факела.	Наличие пламени. Работоспособность и исправность оборудования
3 Теплогенерации	Вращение механических элементов забрасывателя и решетки. Заброс твердого топлива на решетку. Формирование движущегося слоя. Горение и тепловыделение	Приборные данные системы КИП и А (температурное поле и распределение давления продуктов горения по тракту). Работоспособность и исправность оборудования
4.Воздухоподачи	Вращение механических элементов (вал ротора э/двигателя, жалюзи, заслонок).	Приборные данные системы КИП и А (температура, давление и расход окислителя по тракту). Работоспособность и исправность оборудования
5. Шлакоудаления	Движение золы и шлака по тракту. Подача воды	Работоспособность и исправность оборудования

Сложность роботизации данного процесса заключалась в конструкции самого экрана, а именно в очень маленьком межосевом расстоянии между свариваемыми трубами – 22 мм. После детальной переработки и с учетом дополнительных требований заказчика был создан роботизированный комплекс KBWELD HD6, состоящий из двух роботов. Робототехнический комплекс укомплектован системой плазменной резки HyPerformance Plasma HPR130XD Auto Gas, системой тандемной сварки MIG/MAG KEMPP1 серии KempArc Pulse, комплектом позиционеров для согласованного вращения заготовки в процессе сварки, системой автоматической очистки сварочных горелок TBI industries. Роботы оснащены системой лазерного слежения и системой определения нулевой точки. Одним из условий была герметичность сварочного шва экрана. Робот должен был выполнить сварку пяти экранов без единой течи. Герметичность сваренных экранов предполагалось проверять на гидроиспытательном стенде под давлением 0,9 МПа. В связи с чем, сервис группе Kiberys и ВИ-МЕНС пришлось давать рекомендации по улучшению качества сборки и повышению культуры производства.

Существуют глобальные предложения по созданию роботизированных поселков. Разработчики утверждают, что у них есть более 10 запросов на роботизацию различных поселений: строительство роботизированных поселков (1000 – 3000 домов), роботизация туристического города (50 000 – 100 000 жителей), турпоселки и отели в Турции, поселок в ЕС. Суть роботизированного поселения заключается в проектировании и запуске с нуля поселения, оптимизированного под работу роботов, для того, чтобы можно было максимально применять роботы в обслуживании поселка.

Набирает популярность новый тренд в управлении операционной эффективностью – роботизированная автоматизация процессов, или RPA (robotic process automation), когда программа-робот выполняет действия в других компьютерных программах так, как их выполнял бы человек. Эта технология появилась достаточно давно, но активно развиваться стала лишь в последние годы. Технологию RPA несложно опробовать в действии. Достаточно выбрать несколько процессов, несколько участков операционной работы бэк-офиса и заменить ручные действия сотрудников программой-роботом. Многие банки и компании уже сделали это - запустили небольшие пилотные проекты. Разработчики столкнулись с серьезными проблемами. Большинство организаций начинают знакомство с RPA-технологией с небольшого пилотного проекта – Proof of Concept (PoC) – быстро запускают программного робота на небольшом процессе. Однако по завершению пилота очень часто возникает разрыв между пилотным проектом и дальнейшими шагами по внедрению новой технологии в масштабе всей организации. Эффект от внедрения со временем сглаживается, и тема роботизации в этой компании замирает. Здесь крайне важно взвешенно подойти к оценке эффекта от внедрения. При расчете ROI замечена тенденция, что ROI переоценивают в краткосрочной и недооценивают в долгосрочной перспективе.

Одной из проблем роботизации является кадровый вопрос. Отсутствие навыков работы с цифровыми технологиями и внутренних барьеров, связанных с культурой и мышлением, являются крупнейшими препятствиями на пути цифрового прогресса в энергетическом секторе. Около 70 % организаций в энергетической отрасли нуждаются в персонале с опытом работы с доменами и цифровыми технологиями, а 18 % - не имеют ни одного сотрудника с таким набором навыков. Исследование Группы DNV GL «Цифровизация и будущее энергетики» показывает единодушное признание необходимости обучения навыкам работы с цифровыми технологиями, причем 90 % респондентов считают, что для этого важно инвестировать значительные средства. Наука о данных и анализ больших данных являются наиболее важными цифровыми навыками для будущих работников в энергетическом секторе. Креативность также получила высокую оценку: 65 % респондентов заявили, что им нужны сотрудники, обладающие творческими навыками решения проблем. Отмечается, что энергетическая отрасль должна быстро меняться, стремясь сократить выбросы углерода и защитить планету для будущих поколений. Преобразование традиционных операций с помощью цифровизации играет жизненно важную роль в обеспечении этих изменений и содействии переходу к чистой энергии.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) - комплекс решений технических и программных средств, предназначенных для автоматизации управления технологическим оборудованием на промышленных предприятиях. Может иметь связь с более общей автоматизированной системой управления предприятием (АСУП). Под АСУ ТП обычно понимается целостное решение, обеспечивающее автоматизацию основных операций технологического процесса на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершённое изделие. Понятие «автоматизированный» подчёркивает необходимость участия человека в отдельных операциях, для сохранения контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций. Составными частями АСУ ТП могут быть отдельные системы автоматического управления и автоматизированные устройства, связанные в единый комплекс. Такие как системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA), распределенные системы управления (DCS), и другие более мелкие системы управления (например системы на программируемых логических контроллерах (PLC)). Как правило, АСУ ТП имеет единую систему операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления, средства обработки и архивирования информации о ходе процесса, типовые элементы автоматики: датчики, устройства управления, исполнительные устройства.

Библиографический список

1. Фокин В.М. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения

/ В.М. Фокин. – Москва: Машиностроение, 2006. – 240 с.

2. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.

3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.

УДК 621.1819

ПУТИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Есимбаев А.Б.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведена оценка технологий переработки углеродсодержащих отходов в промышленном производстве. Представлен ряд перспективных технологий с использованием углеродсодержащих отходов для производства готовой продукции с высокими потребительскими свойствами.

Ключевые слова: углеродсодержащие отходы, пути переработки, промышленное производство, потребительские свойства, перспективы использования углеродсодержащих отходов в промышленности.

Углеродсодержащие отходы промышленного производства являются наиболее разнообразными и ценными для переработки и получения готовой продукции [1]. Они образуются в горной промышленности, нефтехимической, целлюлозно-бумажной, лесной, металлургической, строительной и во многих других производственных отраслях. Отходы органического происхождения накапливаются в сельском хозяйстве, животноводстве, в пищевой промышленности, в текстильном производстве, в коммунально-бытовом хозяйстве. Разнообразие отходов этого класса требует и большого количества путей и методов их переработки. Для этих сырьевых материалов характерна общепринятая методика предпроектного анализа и подготовки их к утилизации. Для того, чтобы квалифицированно назначить технологию переработки на первом этапе проектирования необходим химический, минералогический, технический, структурный и гранулометрический анализ. Наибольшую ценность в этом классе отходов, например, для топливной и нефтехимической промышленности представляет углерод, водород, углеводород и некоторые другие соединения. Сера и фосфор, если не являются предметом производства, относятся к вредным соединениям. Оксидные соединения металлов и неметаллов могут относиться к пустой породе. Для влажных отходов однозначно требуется обезвоживание и высушивание. Для кусковых материалов

необходимы механические способы дробления и измельчения, распила и разрубки. Для некоторых материалов может применяться обогащение сырья. Сыпучие отходы потребуют, напротив, сложной техники окускования. Оно, в свою очередь, может пойти по пути агломерации, брикетирования, производства гранул и окатышей. Эти технологии могут быть комбинированными и широко применяются в тяжелых отраслях промышленности [2 – 4]. Некоторые виды продукции из углеродсодержащих отходов промышленности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые виды продукции из углеродсодержащих отходов промышленности

Вид отходов	Пути переработки	Продукция переработки отходов
Нефтехимические	Термические	Тепловая и электрическая энергия, биогаз, кокс, химсырье, технический углерод, древесный уголь, смазки, масла, полимерная крошка и другие
	Физико-химические	Активаторы, фильтры, сорбенты, пластмассы, углеводороды
	Механические	Гранулы, брикеты, крошка, порошки
Древесные	Термические	Тепловая и электрическая энергия биогаз, кокс, химсырье, технический углерод, древесный уголь
	Физико-химические	Гранулы, брикеты, крошка, порошки, удобрения, смолы, химпродукты
	Механические	Арболит, гонт, строительная продукция, гранулы, брикеты, щепа, мука
Растительные	Термические	Тепловая и электрическая энергия, биогаз, технический углерод, древесный уголь, смолы
	Физико-химические	Гранулы, брикеты, крошка, порошки, удобрения
	Механические	Наполнители, гранулы, брикеты, щепа, мука
Биомасса	Термические	Тепловая и электрическая энергия, биогаз, химсырье, кокс, удобрения
	Физико-химические	Гранулы, брикеты, крошка, порошки, удобрения, биосорбенты
	Механические	Наполнители, гранулы, брикеты, мука, краски, покрытия
Минеральные и промышленные	Термические	Тепловая и электрическая энергия, биогаз, технический углерод, древесный уголь
	Физико-химические	Гранулы, брикеты, крошка, порошки, удобрения
	Механические	Наполнители, гранулы, брикеты, порошки, мука, промпродукты

Среди нефтехимических отходов основными материалами являются: отработанное минеральное и моторное масло, шламы газо- и водоочисток, разливы нефтепродуктов, замасленные сточные воды, твердые и сыпучие отходы химической промышленности и другие.

Количество отходов в лесной и деревообрабатывающей промышленности может превышать 50 % от массы исходного сырья. К древесным отходам относят продукты переработки древесины и технологические отходы мебельных и деревообрабатывающих предприятий и участков. По внешнему виду отходы могут быть представлены древесной мукой, опилками, щепой, корой, обрезью и ветками.

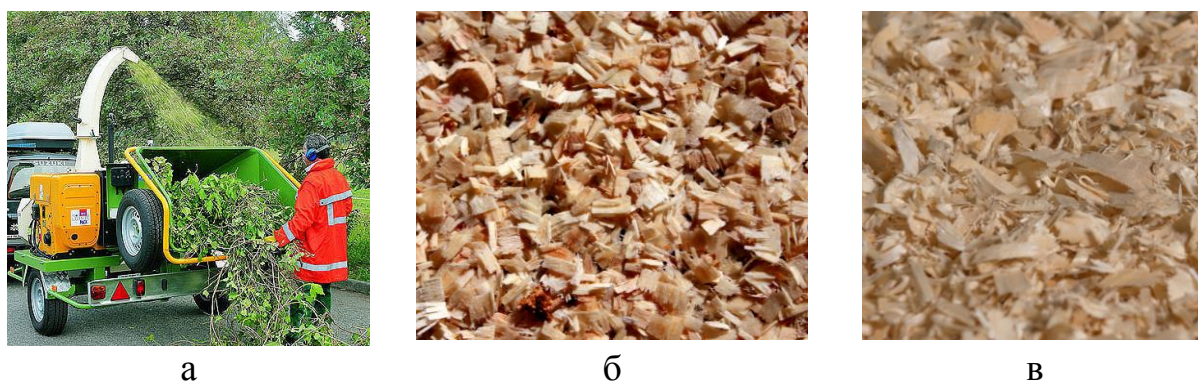
Растительные отходы - это продукты, образующиеся, преимущественно, в сельском хозяйстве и растениеводстве. Это, безусловно, часть биомассы, но к ней, как правило, относят продукты переработки животноводства и сельского хозяйства, коммунально-бытового хозяйства и другие. Сюда можно отнести отходы лесного и рыбного хозяйства, перерабатывающих и пищевых производств.

Минеральные и промышленные углеродсодержащие отходы можно классифицировать по виду технологии (металлургия, машиностроение, горная и химическая промышленность), по агрегатному состоянию (пыли, шламы, пульповзвеси, пасты, сточные воды, кеки и др.), по содержанию полезного компонента и пустой породы и др.

Общими для всех отходов являются термические, физико-химические и механические методы переработки. Они могут быть циклическими и непрерывными, самостоятельными или интегрированными в технологический процесс. Термические методы включают сушку и обжиг сырья, коксование, автоклавирование и сжигание в слое или в факеле для получения тепловой и электрической энергии. Термические методы также разнообразны по целям и задачам, могут быть основными и вспомогательными. Для них характерно получение готовой продукции, сырьевых промпродуктов и вторичных отходов. Физико-химические методы включают обработку сырья физическими полями (вибрацией, ультразвуком, магнитными полями, термоударами и др.) и химическими реагентами (окисление, выщелачивание, обессоливание, кальцинирование и др.). Зачастую эти способы позволяют интенсифицировать технологии переработки отходов или получить у перерабатываемого продукта новые свойства. Возможны комбинированные методы, включая термические. Наиболее разнообразны механические способы переработки отходов. Они могут быть основными и вспомогательными, предварительными и финишными. К ним относят дробление, измельчение, рубку, шлифование, ошкуривание, грохочение, классификацию, фильтрование, отстаивание, смешивание, прессование, гранулирование и многие другие [2, 4].

Одним из важнейших путей переработки углеродсодержащих отходов промышленности является получение тепловой и электрической энергии, генерируемой в результате сжигания горючих отходов (таблица 1). Одним из

альтернативных видов кускового топлива в теплоэнергетике, сжигаемого в слое на колосниковой решетке, являются древесные топливные брикеты, получаемые в процессе переработки отходов древесины. Исходным сырьем для производства брикетов является измельченное древесное сырье в форме опилок или древесных волокон (рисунок 1 б, в), получаемых измельчением на разнообразных по конструкции и производительности, рубильных машинах (рисунок 1 а). В этих машинах можно использовать ветки, щепу, древесные обрезки, стволы деревьев небольшого (до 300 мм) сечения.



а – внешний вид рубильной машины; б – опилки; в – древесные волокна

Рисунок 1 – Внешний вид рубильной машины и макроструктура измельченного сырья

Первые машины РРМ были выпущены 16 лет назад в Вологде для нужд своего деревообрабатывающего производства. К 2020 году выпущено более 5000 единиц различных модификаций измельчителей древесины. Завод имеет технические возможности для наращивания производства, опыт ремонта и восстановления машин. Рубительные машины РРМ позволяют измельчать древесину размером до 300 мм. Выходной размер щепы и опилок можно регулировать в широком диапазоне - от 1 до 30 мм за счет применения подвижных рубящих ножей. Щепорубительные машины могут комплектоваться выходными трубами от 1,5 до 2,5 метров, вращающимися на 360 градусов. Технические характеристики щепорубильной машины типа РРМ приведены в таблице 2.

Для производства топливных брикетов методом прессования можно использовать измельченные древесные опилки и муку размером частиц до 10 мм. В качестве связующего целесообразно использовать материалы органического происхождения, в процессе горения которых образуется минимальное количество золы и вредных выбросов. Для древесных опилок предлагается использовать сульфит-дрожжевую бражку (ССБ) или каменноугольную смолу (КУС) [1, 4]. Наиболее рациональным связующим является ССБ, которая является отходом целлюлозно-бумажного производства и относится к сравнительно дешевым материалам. КУС является очень вязким материалом, поэтому для ее использования в технологии брикетирования и облегчения смешивания компонентов необходимы органические растворители.

Таблица 2 – Технические характеристики щепорубительных машин

Наименование	РРМ – 2	РРМ – 3
Тип щепорубительной машины	роторный	роторно-молотковый
Количество рубящих ножей	6	3
Производительность, м ³ /час	1–2,5	1,5–3,0
Фракция щепы, мм	5–30	5–30
Размер приемного окна, мм	70×100	100×100
Обороты ротора, об/мин	200	1500
Диаметр ротора, мм	340	350
Для электродвигателей	5 кВт	от 5 кВт
Для тракторов	от 7 л.с.	от 7 л.с.
Вес рубительной машины, кг	85	95
Цена щепорубительной машины	от 92000	от 98000

Внешний вид топливных брикетов, получаемых из древесного сырья, показан на рисунке 3.



а – брускового типа (евродрова); б – цилиндрического; в – с отверстием

Рисунок 3 – Внешний вид топливных брикетов

Процесс слоевого горения топливных брикетов характеризуется высокой газопроницаемостью слоя брикетов и эффективностью горения с минимальным физическим и химическим недожогом топлива.

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. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с
3. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
4. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОУГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ ДЛЯ СЛОЕВОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Есимбаев А.Б.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведена оценка технологий переработки углеродсодержащих отходов в промышленном производстве. Представлена технология получения древесноугольных брикетов для слоевого сжигания топлива.

Ключевые слова: углеродсодержащие отходы, пути переработки, промышленное производство, потребительские свойства, древесноугольные брикеты.

Проблема снижения энергетических затрат и энергосбережения является актуальной и перспективной [1, 2]. Ее роль постоянно возрастает с постоянным ростом стоимости энергоносителей: природного газа; нефтепродуктов; электроэнергии и т.д. В себестоимости продукции в РФ доля энергозатрат часто становится доминирующей, поэтому конкурентоспособность продукции все больше зависит от экономного расходования энергетических ресурсов. Большую часть энергоресурсов представляют в настоящее время так называемые «невозобновляемые» источники энергии в виде органических минеральных топлив. Это природный и попутный газ, нефть, уголь, торф и, частично, биомасса. В связи с этим проблема энергосбережения тесно связана с решением ряда важных экологических проблем, в том числе и глобальных. Среди наиболее общих подходов в стратегии энергосбережения называют использование высоких ресурсосберегающих технологий в области энергогенерации. Оправдано применение методов математического моделирования и оптимизации при проектировании и реконструкции предприятий, замену дорогих видов энергоносителей на более дешевые, в том числе, на природный газ. Актуально широкое использование возобновляемых источников энергии – органических отходов производства, ветра, солнца, приливов, биомассы и др.

Высокие цены на энергоресурсы вынуждают искать альтернативную замену традиционным видам топлива. На первый план в таком случае выходят требования к низкой закупочной цене и местному происхождению топлива, способного не менее эффективно гореть в энергетических установках. Поиск решения этого вопроса открывает перед предприятием дополнительный источник экономической выгоды [1].

В современном производстве на промышленных предприятиях образуется большое количество органических отходов. Поэтому возникает вопрос,

что с этими отходами делать: утилизировать, отправить на переработку или найти им применение. Во всем мире наименее затратным способом переработки углеродсодержащих отходов является их сжигание, которое позволяет одновременно получать значительное количество тепловой и электрической энергии. В настоящее время применение биотоплив в электроэнергетике Российской Федерации (РФ) составляет менее 2 % и имеет определенные перспективы. Биотопливо производят на основе органических промышленных отходов (отработанные масла, смазки, СОЖ, нефтешламы, шламы углеобогащения, промышленная ветошь, опилки, лакокрасочные материалы (ЛКМ) и др.). К ним относят отходы сельскохозяйственного производства (подсолнечная лузга, солома, шелуха риса, проса и др.), продукцию специальных плантаций «энергетического» леса, дикоросы и кустарники. Однако прямое сжигание биотоплива приводит к появлению вторичного загрязнения окружающей среды в виде газообразных выбросов в атмосферу и твердых золошлаковых отходов. Поэтому в промышленной теплоэнергетике при слоевой теплогенерации твердого биотоплива необходима специальная механическая подготовка сырьевых компонентов и их окускование. Окускование предварительно измельченного сырья наиболее целесообразно в форме брикетов, разнообразных по форме, составу и назначению [2] (рисунок 1).



Форма брикетов: а – ореха; б – цилиндра; в – призмы с отверстием

Рисунок 1 – Внешний вид топливных брикетов

Подобные требования предъявляют к сжиганию угольной мелочи. Угольная мелочь размером менее 5 мм, образующаяся в процессе добычи, транспортировки, обогащения и механической обработки, не пригодна для слоевого горения топлива. Поэтому ее перед сжиганием необходимо окусковывать, получая либо топливные гранулы, либо брикеты. Технология брикетирования обладает рядом преимуществ и менее требовательна к дисперсному и минеральному составу сырья [3 – 5]. Технологическая схема брикетирования угольнодревесной массы представлена на рисунке 2.

К основным технологическим параметрам процесса брикетирования относят: минеральный и гранулометрический состав сырья, наличие топливных, упрочняющих, порообразующих добавок, качество подготовки шихты

(степень измельчения компонентов, однородность шихты, уровень влажности и др.), режимы прессования (давление прессования, производительность и др.), форма брикетов, показатели термического или механического упрочнения брикетов, тип и характеристики брикетного пресса.

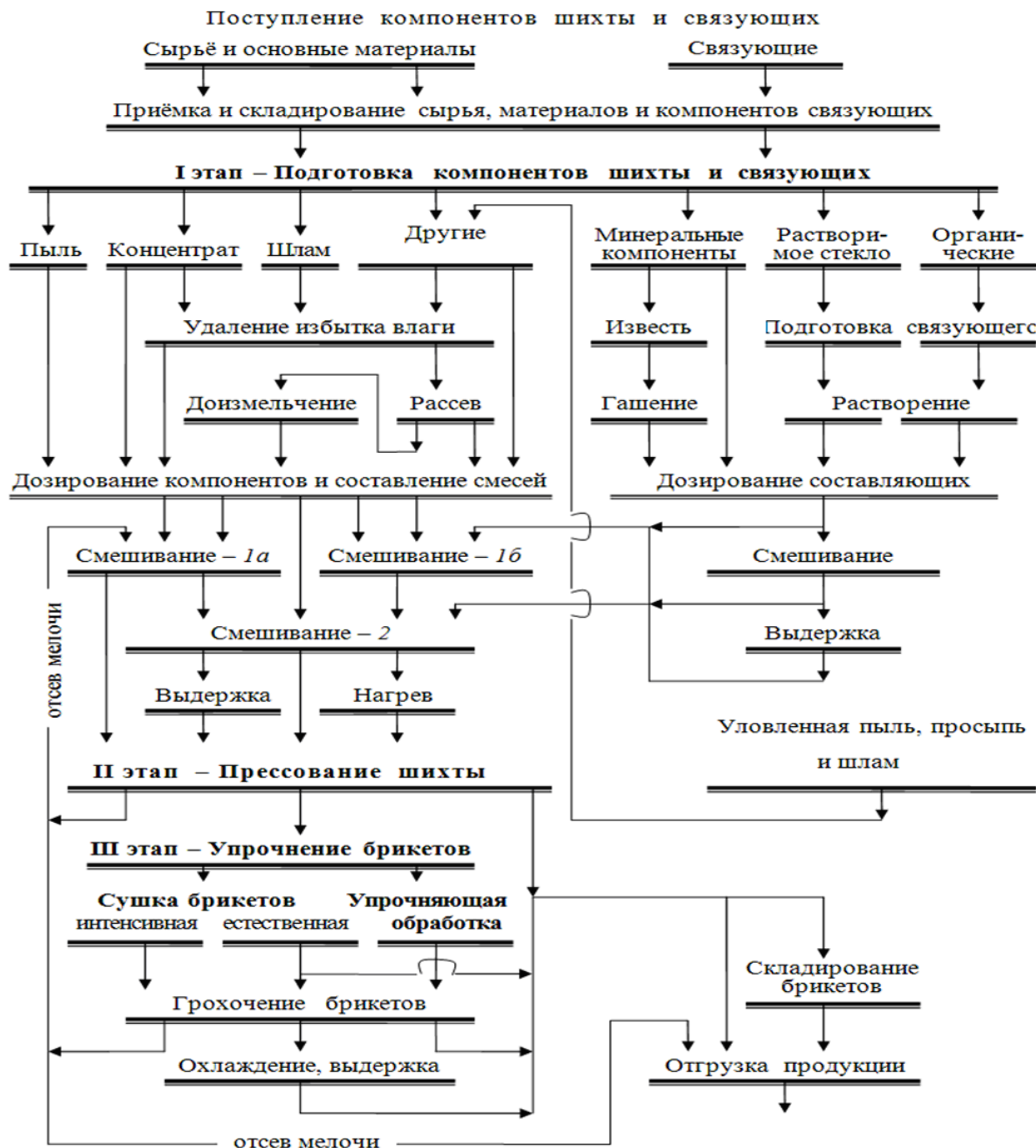
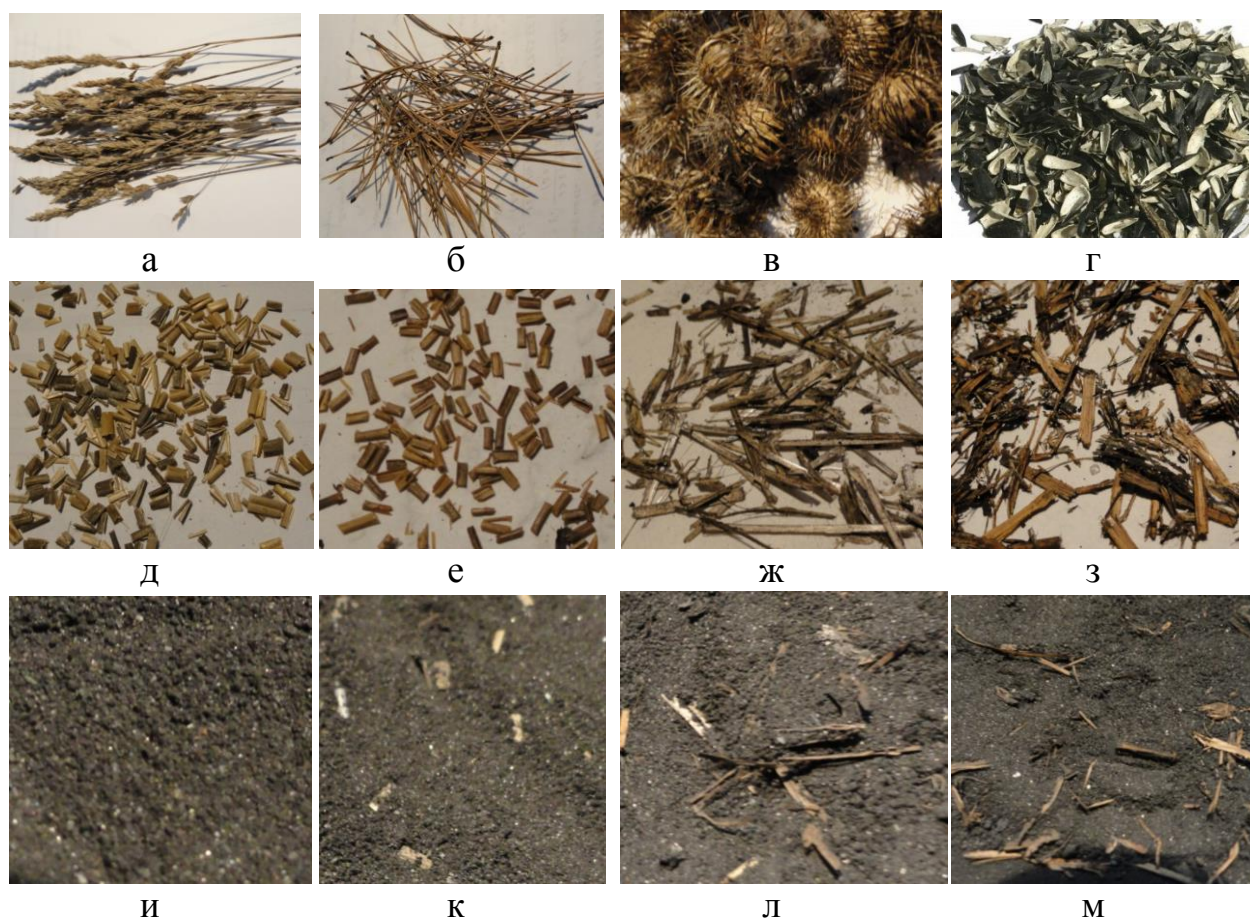


Рисунок 2 – Технологическая схема брикетирования сырья

В экспериментах использовали углеродсодержащие материалы растительного происхождения (отходы злаковых культур, высушенные травяные стеблевые материалы, хвойные растительные частицы и некоторые другие).

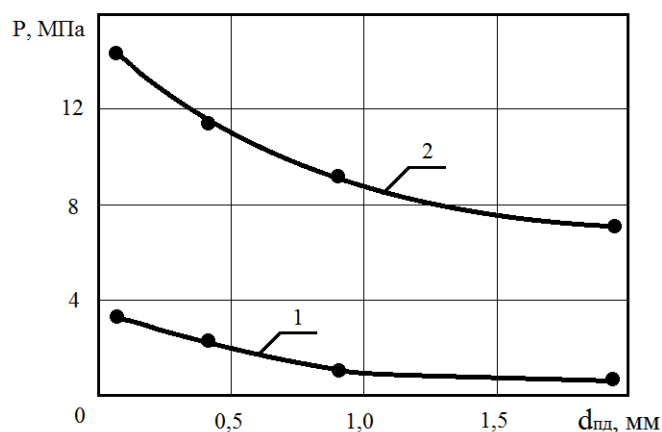
После естественной сушки их измельчали на лабораторной дисковой мельнице. Внешний вид растительных материалов до механической обработки и после нее показан на рисунке 3.



а – г – до механической обработки; д – з – после механической обработки;
и – м – смесь угольной мелочи и растительных частиц

Рисунок 3 – Внешний вид сырьевых материалов для брикетирования

В результате экспериментов (рисунок 4) установили, что растительные частицы уменьшают прочность древесноугольных брикетов. Это в большей степени относится к крупным растительным частицам размером более 1 – 2 мм. Они имеют трубчатую пронизываемую структуру, которая при прессовании проявляет демпфирующие свойства и разрыхляет массу. Более тщательное измельчение устраняет трубчатую структуру и формирует игольчатую форму частиц, которая стабилизирует процесс брикетирования. Выяснили, что равномерность распределения частиц зависит от условий смешивания в барабанном смесителе. Применение тонкоизмельченных частиц размером менее 0,1 мм в количестве до 2 – 3 % позволяет сформировать брикеты прочностью до 14 – 16 МПа. Количество связующего (50 % раствор жидкого стекла) в брикетируемой массе можно ограничить величиной 5 – 7 %.



Брикеты: 1 – после брикетирования; 2 – после естественной сушки

Рисунок 4 – Влияние размеров частиц порообразующих добавок на прочность брикетов

В ходе экспериментов установили основные технологическим параметрам процесса брикетирования: качество подготовки шихты (степень измельчения компонентов, однородность шихты, уровень влажности и др.). Отработали режимы прессования (давление прессования, производительность и др.), необходимость термического упрочнения брикетов и параметры термообработки (температура сушки, длительность процесса упрочнения и др.), обоснованность применения основных и резервных связующих, качество брикетов (прочность, форму, химический состав и др.). Процесс брикетирования древесноугольной шихты удовлетворительно протекает при использовании тонкоизмельченных угольных и растительных частиц размером менее 0,1 мм и в качестве связки 50 % раствора жидкого стекла. Давление прессования массы составляет 50 – 100 МПа. Сушка брикетов протекает при температуре не выше 100 – 150 °С в течение 30 – 40 минут.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – М.: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Ожогин В. В. Основы теории и технологии брикетирования измельченного металлургического сырья / В. В. Ожогин. – Мариуполь: ПГТУ, 2010. – 442 с.
3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
4. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
5. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Адамчук Б.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проанализированы перспективные методы переработки отработанного минерального масла в промышленности. Рассмотрен технологический процесс современных технологий переработки отработанного минерального масла.

Ключевые слова: отработанное минеральное масло, технологии переработки, продукты переработки.

Отработанное минеральное масло образуется в двигателях внутреннего сгорания на транспорте (автомобильном, железнодорожном, морском и др.), в компрессорной и гидравлической технике в качестве жидкого отхода производства [1 – 3]. Проблема переработки отработанного минерального масла (ОММ) имеет несколько аспектов. Первый аспект проблемы обусловлен необходимостью ресурсосбережения в промышленности путем повторного использования ОММ в производстве по прямому назначению. Простейший путь переработки ОММ – сжигание в печах и топках теплотехнических агрегатов различных отраслей промышленности [4 – 6]. Более целесообразно использовать регенерированное ОММ в качестве моторного масла для ДВС, как наполнитель в разнообразных пластических смазках, разжижитель лакокрасок и др. Физические и эксплуатационные свойства регенерированного ОММ близки исходному материалу (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема, иллюстрирующая степень загрязнения моторного масла

Второй аспект проблемы обусловлен загрязнением и отравлением окружающей среды нефтепродуктами. Из ежегодно попадающих в окружающую среду 6 млн. т нефтепродуктов, более половины приходится на отработанные смазочные материалы, включая ОММ, которые подвергают захо-

ронению. Третий аспект проблемы связан с необходимостью утилизации и переработки собственных отходов (шламов и осадков) технологии регенерации ОММ, которая практически не решена. В этом направлении можно назвать технологию использования сорбента для очистки ОММ для производства строительных изделий и керамзита [1].

Используемые в настоящее время в мировой практике процессы вторичной переработки масляного сырья, позволяют перерабатывать отработанные масла любых марок и любого качества. Однако большинство таких процессов сложны в аппаратурном обеспечении и эксплуатации и могут быть реализованы только на специализированных предприятиях.

ГОСТом и ТУ установлены физико-химические показатели для проверки смазочного материала на качество. При переработке нефтепродукта, производители стараются делать масло высшего класса, но даже в условиях бережной транспортировки, складирования, хранения и, непосредственно, эксплуатации, изменения в составе неизбежны. Очевидно, что замена старого масла на новое, но не очищенное, не может гарантировать работу оборудования без поломок в будущем. При слишком большой загруженности и необходимости эксплуатировать установки без перерывов на длительное время, энергетики не могут себе позволить менять его слишком часто. Очистка отработанного масла с использованием специальных установок значительно сокращает эксплуатационные расходы, затраченное время и усилия.

Минеральные масла, пребывающие в использовании (или хранении) на протяжении длительного времени, склонны менять свои физико-химические характеристики под воздействием некоторых внутренних и внешних факторов. К факторам деградации минерального масла относят следующие. Высокая температура МС при взаимодействии с воздухом способствует прохождению реакций окисления, разложения, полимеризации и конденсации органических соединений углерода и водорода. Наличие кислорода интенсифицирует окисление машинного масла в результате хранения на складе и транспортировке; Механические примеси (продукты сгорания, трения, волокнистые вещества, металлическая стружка, твердые отложения, нагары) способны попадать в масло с механизмов оборудования; Попадание растворенной (нерастворенной) влаги в масле в виде конденсата на поверхности первично подогретого масла в остывающей системе установки.

Выделяют три основных метода очистки минеральных промышленных масел: физический (механическая очистка от примесей и термическая сушка), химический и физико-химический. Наиболее эффективным считается их комбинирование [1 – 3].

Физические методы включают: отстаивание, фильтрацию, центрифугирование и вакуумную сушка. Отстаивание является первым и самым важным этапом регенерации. Масло во взвешенном состоянии насыщено примесями мелких частиц от износа деталей и влагой. Метод отстаивания основывается на нагревании масла до определенной температуры (оптимально 80-

90 °С). Отметки в 100 °С стоит избегать, так как это способствует пенообразованию и закипанию воды, находящейся в масле. Нагревание способствует снижению вязкости масла, в результате чего его плотность снижается и тяжелые элементы оседают под воздействием силы тяжести. При длительном хранении масел некоторые нерастворимые частицы сами оседают на дно боксов, производя естественную очистку.

Центрифугирование осуществляется центробежными силами. Они ориентируют самые тяжелые частицы, которые скопились в отработанном масле, к стенкам аппарата, образуя кольцевой слой. Следующий слой формируют молекулы вытесненной воды, а заключительный – очищенного масла. Установки разработаны с расчетом на отвод продукта регенерации прямо с установки во время процесса, а осевшие продукты загрязнения удаляются со стенок оборудования после завершения работы. Подача воды в центрифугу позволяет ускорить процедуру очистки и частично смыть осевшие примеси со стенок оборудования.

Функция фильтрации состоит в том, чтобы отделить влажный осадок от чистой жидкости. Для данного метода очистки отработанного масла используется фильтровальная перегородка, которая состоит из специального материала и непрерывно образующегося слоя осевших примесей на ней. Такие установки используют насосы или компрессоры для создания разницы давлений, под воздействием которой загрязненное масло прогоняется через фильтровальную перегородку, задерживающую механические примеси на поверхности.

Обычно при использовании высокоэффективных присадок масло, которое подлежит очистке, предварительно обрабатывают специальными поверхностно-активными веществами – коагулянтами. Их задача заключается в укрупнении мелкодисперсных систем для обеспечения задержки самых мелких продуктов загрязнения.

Промывка водой не обеспечивает глубокой очистки старого масла, но способствует удалению растворимых в воде низкомолекулярных кислот и солей органических кислот. Вода с растворенными кислотами отделяется при поднятии температуры нагрева до отметки в 60 °С. Очень важно соблюдать температурный режим, так как при отклонении в ту или иную сторону эффективность метода существенно снижается. В целом, не имея серьезного влияния на химический состав очищенного масла, эти методы способны удалить пыль, песок, частицы металла и другие примеси.

Физико-химические и химические методы представлены коагуляцией (с последующим осаждением) и адсорбцией загрязненных частиц. Как разновидности рассматривают ионообменную очистку. Коагуляция – это метод, который подразумевает регенерацию масел коагулянтами в виде неорганических и органических электролитов, поверхностно-активных веществ (неэлектролитов) коллоидных растворов, поверхностно-активных веществ и гидрофильных высокомолекулярных соединений. Они воздействуют на двойной электрический слой, который образуется на поверхности загрязня-

ющих частиц, и препятствуют их возможному слипанию. Среди неорганических электролитов самыми распространенными являются соединения натрия (кальцинированная сода, жидкое стекло и др.), 36 – 98 % - ная серная кислота (добавляется в незначительных количествах – 0,25 – 0,5 % от объема масла). Органические электролиты представлены в виде ионогенных поверхностно-активных веществ (алкил-бензол- и алкилтолуолсульфонаты), которые в растворе распадаются на ионы.

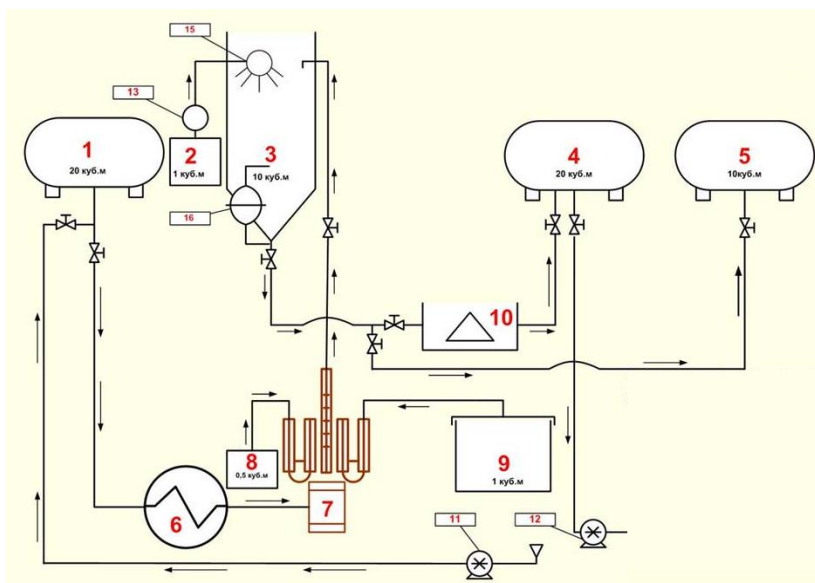
В качестве коагулянтов органических соединений используются неэлектролиты с полярными молекулами, которые имеют гидрофильные и гидрофобные группы. Также в качестве неэлектролитов-коагулянтов используются неионогенные поверхностно-активные вещества. В среднем очистка осуществляется за 20 – 30 минут, а остальное время требуется, чтобы коагуляционные частицы выпали в осадок. Температура подогрева масла колеблется от 60 до 95 °С.

Адсорбция является действенным методом для очистки масла от смолистых веществ, эфиров, кислотных веществ и других примесей. Он может быть применен ко всем видам масла. Принцип действия этого метода состоит в удержании на поверхности адсорбента значительного количества молекул загрязняющих частиц. Эффективность адсорбционной очистки зависит от: крупности помола активного вещества, размера адсорбируемых частиц, природы адсорбента, температуры и продолжительности процесса коагуляции. Очистку проводят при повышенной температуре и интенсивном перемешивании (1000 – 1400 об/мин) в течение 30 мин. Вторичная проблема заключается в том, что в процессе переработки образуется очищенное масло и шламы ОММ, которые также необходимо утилизировать.

Схема современного производственного участка для осветления отработанных моторных масел и введения необходимых присадок для их восстановления показана на рисунке 2.

Отработанное масло закачивается насосом в емкость сбора отработанного масла. Из сборной емкости ОММ поступает в маслонагреватель, в котором оно нагревается до температуры 500 °С. Маслонагреватель - агрегат, в котором на общей раме установлены сепаратор, электроподогреватель с вакуумбаком; вакуум-насос, шестеренчатый маслонасос и шкаф управления. Поэтому на данном этапе отработанное масло, имеющее вязкость не более 70 кв. мм/с (сСт), не только нагревается, но и проходит процесс отделения от механических примесей и воды. Из маслонагревателя масло поступает на установку смешивания компонентов (УСК), которая включает в себя насос высокого давления и смесительное устройство с расширительным бачком. Особенностью установки смешивания компонентов является то, что она может использоваться для смешивания и растворения жидкостей в потоке с высокой точностью дозирования (0,05 мг на литр). Эти преимущества позволяют использовать данное оборудование в процессе осветления, очистки отработанного масла от шламовых включений, и в процессе изготовления моторных топлив

путем введения в осветленное, очищенное масло различных присадок.



Позиции: 1, 4, 5 – горизонтальные емкости для ОММ, готовой продукции и шлама; 2 – емкость для воды; 3 – вертикальная емкость с коническим основанием для осаждения после кислотной обработки; 6 – маслонагреватель; 7 – установка для смешивания компонентов; 8 – емкость для присадок; 9 – емкость для реагента; 10 – центрифуга; 11, 12, 13 – насосы; 15 – распылитель; 16 – смотровое стекло

Рисунок 2 – Схема производственного участка для осветления отработанных моторных масел и введения необходимых присадок для их восстановления

В процессе осветления, очистки отработанного масла от шламовых включений, в установке смешения, реагент перемешивается и вступает в реакцию еще на стадии поступления в коническую емкость. В этой конической емкости происходит осаждение шламовых примесей в ее основание. Процесс осаждения занимает от 60 минут до 90 минут. По прошествии данного времени осуществляется открытие спускного вентиля и весь шламовый осадок (5 – 7 % от объема масла) сливается в емкость для сбора шламовых остатков. Через смотровое стекло во время процесса слива осуществляется визуальный контроль над уровнем шламовых примесей, осажденных в нижней части емкости. При появлении в смотровом стекле светлого масла кран сброса в емкость для шламовых остатков закрывается. Для нейтрализации реагента из емкости подается нейтрализатор, который подбирается в зависимости от выбранного реагента. Оптимальный реагент подбирается на основе анализов отработанного масла. Нейтрализатор из емкости 2 с помощью насоса 13 поступает на распылитель 15, который смонтирован внутри емкости. Из распылителя мелкие капли нейтрализатора поступают на поверхность масла очищенного от основной массы шламовых включений, но содержащего реагент. Мелкие капли нейтрализатора вступают в реакцию с реагентом и оседают на дно емкости 3. После непродолжительного времени открывается

вентиль подачи масла на центрифугу 10. Проходя через центрифугу масло, отделяется от остатков воды и нейтрализации, поступает в емкость 4 для готовой продукции. На этом заканчивается этап осветления масла или этап получения основы масла. Комплекс УСК 7 позволяет не только производить процесс очистки масла, но и вводить в масло с высокой точностью (0,05 мг/л) различные присадки из емкости 8, что позволяет осуществлять производство различных моторных масел.

Библиографический список

1. Евдокимов А.Ю. Комплексная схема переработки отработанных масел и смазок / А.Ю. Евдокимов А.Ю. [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия – 1990. – № 1. – С. 28–31.
2. Школьников В. М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости / В. М. Школьников. – Москва : Химия, 1989. – С. 122-124.
3. Непогодьеv А. В. Химический состав отработанного моторного масла / А. В. Непогодьеv // ХТТМ. – 1974. – № 12. – С. 50-53.
4. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
5. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.
6. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.

УДК 665.6

ОЦЕНОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Адамчук Б.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проанализированы существующие и перспективные методы переработки отработанного минерального масла в промышленности. Рассмотрен технологический процесс современных технологий переработки отработанного минерального масла.

Ключевые слова: отработанное минеральное масло, технологии переработки, продукты переработки.

Отработанное минеральное масло образуется в двигателях внутреннего

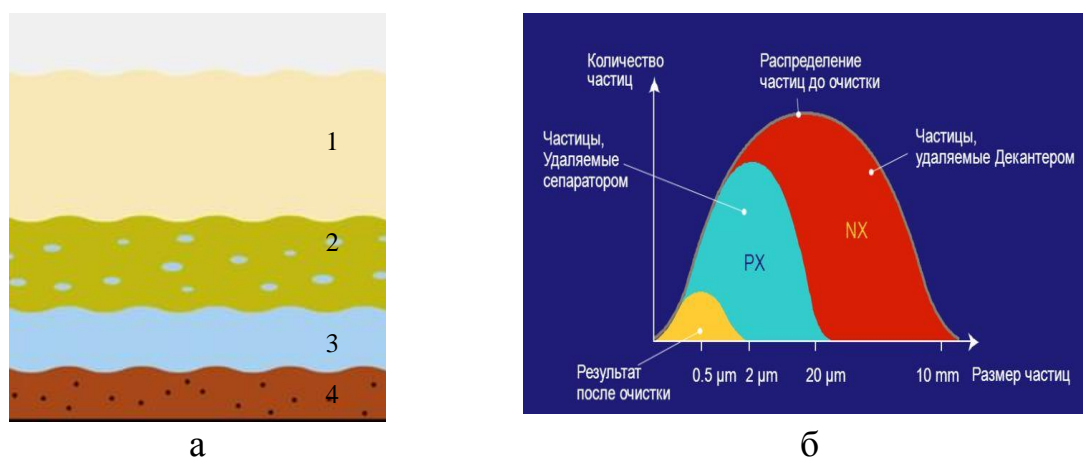
сгорания на транспорте (автомобильном, железнодорожном, морском и др.), в компрессорной, турбинной и гидравлической технике в качестве жидкого отхода производства [1 – 3]. Проблема переработки отработанного минерального масла (ОММ) имеет несколько аспектов. Первый аспект проблемы обусловлен необходимостью ресурсосбережения в промышленности путем повторного использования ОММ в производстве по прямому назначению. Простейший путь переработки ОММ – сжигание в печах и топках теплотехнических агрегатов различных отраслей промышленности [4 – 6]. При сжигании неочищенного отработанного масла продукты его сгорания могут быть очень опасными для человека и окружающей среды. Такая переработка допустима в том случае, когда отработанное масло и оборудование, на котором выполняется утилизация, соответствует требованиям технических нормативных правовых актов. В этом случае может понадобиться получение специальных лицензий, забор проб и производство замеров для определения состава выбросов в атмосферу. Переработка ОММ с получением топлива состоит в производстве готового жидкого топлива с низким содержанием основного осадка и низким содержанием воды, которое не будет забивать горелки, трубы или приводить к накоплению осадка в резервуарах. Этот процесс требует фильтрации и удаления грубых твердых частиц, которые могут представлять опасность для окружающей среды или приводить к проблемам при использовании. Типы обработки включают в основном физические процессы, такие как отстаивание и фильтрацию. К сожалению, сами по себе эти процессы не являются достаточными, чтобы удалить все химические загрязнители из масла, необходимо использовать другие типы очистки, такие как очистка отбеливающей глиной и дистилляция.

Восстановление на месте использования применяют в том случае, когда фильтрацию для удаления примесей выполняют непосредственно на месте использования масла. Таким образом продлевается срок его службы. Этот метод полезен для заводов или других крупных предприятий, которые производят большое количество отработанного масла.

Переработка на нефтеперерабатывающем заводе заключается в том, что отработанное масло используется в процессе переработки нефти в качестве сопутствующего сырья для производства бензина. Разработано множество способов регенерации масла с получением смазочных материалов для повторного использования. Процесс регенерации обычно включает в себя (но не ограничивается) предварительную обработку теплом или фильтрацию с последующей вакуумной перегонкой и химической обработкой с гидроочисткой. Полученный продукт практически не отличается от продуктов полученных из сырой нефти. Регенерация продлевает срок службы масла на неопределенный срок, что делает этот процесс наиболее предпочтительным с экологической и экономической точки зрения. Поскольку на регенерацию масла требуется на 70 % меньше энергии, чем на производство его из сырой нефти.

Наиболее простой и дешевый метод регенерации ОММ заключается в отстаивании с отделением механических примесей и воды. С отстоя должен начинаться любой другой метод регенерации, так как он ускоряет, упрощает и удешевляет дальнейшую очистку масла. Время отстоя зависит от сорта масла, степени его загрязненности, скорости нагрева и может колебаться от 3 – 4 час. до нескольких суток. Для ускорения отстаивания отстойники рекомендуются делать с коническим дном, а ОММ подогревать до 80 – 90 °С с помощью электроподогрева или посредством пропускания пара или горячей воды через змеевики, погруженные в масло. Структура отработанного моторного масла в процессе отстаивания и распределение частиц по размерам в процессе регенерации показаны на рисунке 1.

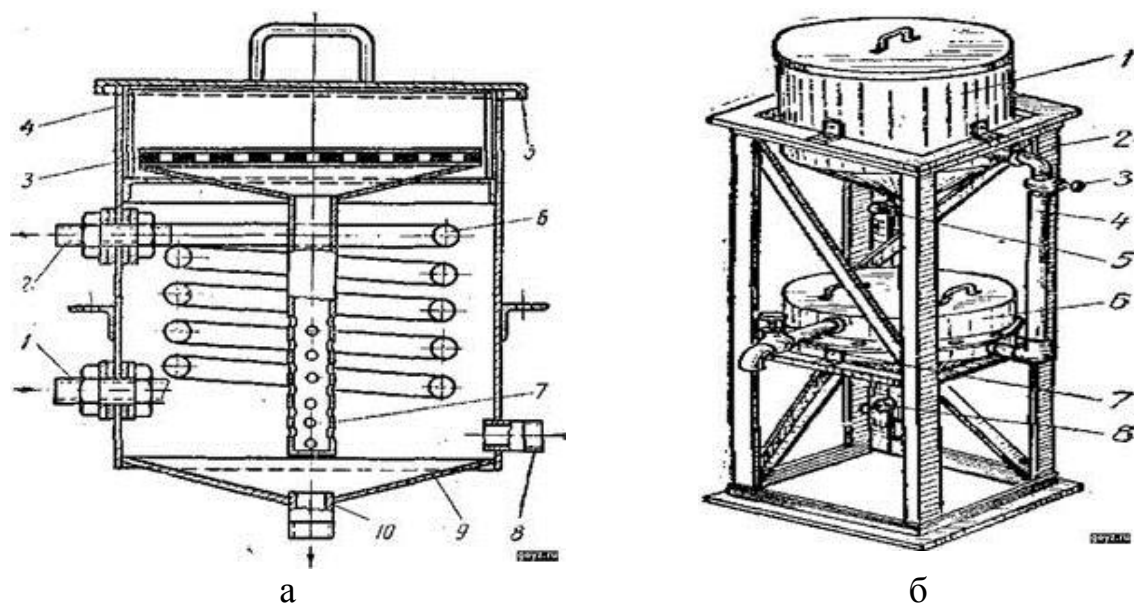
Типичная конструкция бака-отстойника с паровым подогревом приведена на рисунке 2. Отработанное масло заливается в отстойник, где проходит через воронку с сеткой и через отверстия трубки выливается во внутреннее пространство корпуса отстойника с коническим дном, где и выдерживается с целью отстоя. Для подогрева масла в змеевик подается пар. Отстоявшееся масло сливается через отверстие, а отстоявшиеся примеси периодически спускаются через нижнее отверстие с пробкой. Отстаиванием нельзя полностью удалить мелкие механические примеси и всю воду. Последние удаляются фильтрацией и сепарацией. Фильтрация – процесс отделения механических примесей из масла при прохождении его через поры или щели фильтрующего материала: ткани и полотно (бельтинг), фильтровальную бумагу, металлические сетки, фетр, отбеливающую землю и др.



а – структура отработанного моторного масла после отстаивания; б – распределение частиц по размерам в процессе регенерации

В позиции а: 1 – осветленное масло; 2 – эмульгированная вода и масло; 3 – вода; 4 – осадок тяжелых твердых примесей

Рисунок 1 – Структура отработанного моторного масла в процессе отстаивания – а и распределение частиц по размерам в процессе регенерации – б

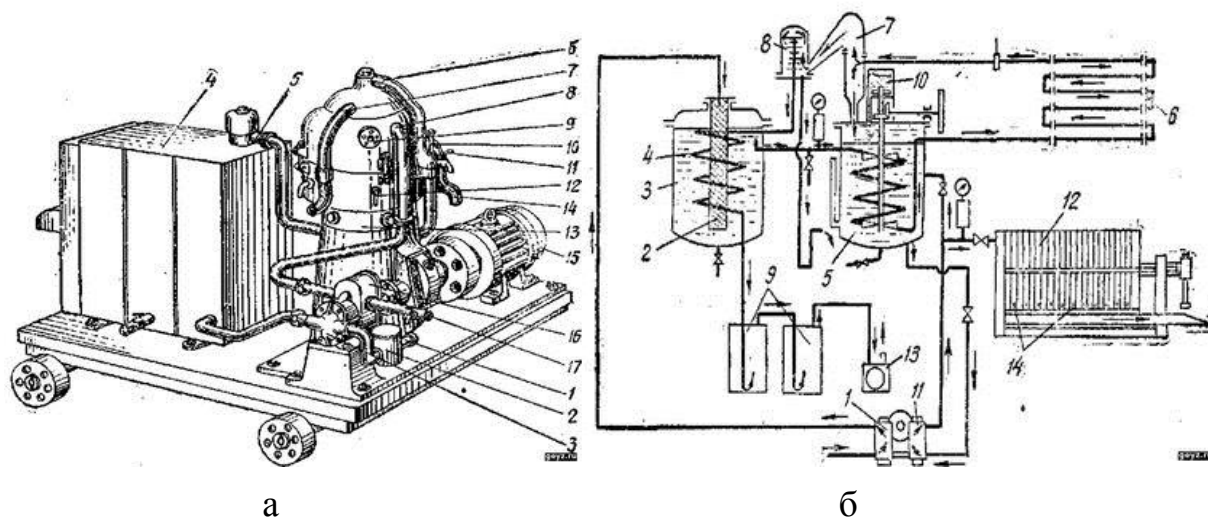


а – отстойник с паровым подогревом: 1 – ход пара; 2 – выход пара; 3 – сетка воронки; 4 – корпус; 5 – крышка; 6 – змеевик; 7 – трубка воронки с отверстиями; 8 – слив отстоявшегося масла; 9 – коническое дно; 10 – спуск отстоявшихся примесей.
 б – Конструкция фильтра «Лилипут»: 1 – отстойник; 2 – каркас; 3 – регулировочный вентиль; 4 – перепускная трубка; 5, 8 – краны для спуска отстоя; 6 – фильтр; 7 – кран для выпуска фильтрованного масла

Рисунок 2 – Конструкция бака - отстойника и фильтрационной установки

Тонкость фильтрации определяется размерами пор фильтрующего материала или ячеек фильтровальной сетки. Фильтрация может производиться самотеком, под напором собственного столба масла или под давлением от насоса, сжатого воздуха через фильтр-прессы или при разрежении через вакуум-фильтр. Широко применяются щелевые металлические (дисковые) и бумажные патронные фильтры (суперфильтры). Процесс фильтраций включается во все маслорегенерационные установки, а также в циркуляционные маслосистемы. Наибольшее распространение получили фильтры «Лилипут» (рисунок 2, б), применяемые при фильтрации отработанных промышленных масел. Масло в них нагревается до 70 – 80 °С паровым змеевиком и продавливается снизу вверх через два слоя бельтинга или сукна, примеси оседают на дно. Фильтрация происходит за счет гидростатического давления отработанного масла, заливаемого в верхний бак 1, соединенный с нижним баком-фильтром перепускной трубой, имеющей регулировочный вентиль. Пропускная способность фильтра 5 – 6 кг масла в час, очистка его производится до 2 раз в смену. В различных конструкциях рамных фильтр-прессов масло фильтруется, проходя через фильтровальную бумагу и бельтинг каждой из секций. Для фильтрации применяются также выпускаемые отечественными заводами цеховые фильтры с механическим приводом, передвижные цеховые фильтры ПЦФ и ЦМ-1, термосифонные фильтры и адсорберы, центробежные маслоочистители, реактивные центрифуги, многочисленные кон-

струкции станочных фильтров и другие. Сепарация производится в сепараторах – центрифугах, где механические частицы, шлам и вода под действием центробежных сил отделяются от основной массы масла. Для улучшения сепарации масло подогревается до 60 – 70 °С.



В позиции а: 1 – вход загрязненного масла; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – электронагреватель; 5 – выход масла из подогревателя; 6 – вход масла в рабочий барабан; 7 – слив масла при переполнении; 8 – выход очищенного масла из барабана; 9 – смотровое окно; 10 – термометр; 11, 12 – пробный краники; 13 – рабочий барабан; 14 – слив отходов сепарации; 15 – электромотор; 16 – насос; 17 – выход чистого сепарированного масла.

В позиции б: 1 – скальчатый насос; 3 – сетчатый фильтр; 3 – сырьевой бачок; 4 – змеевик; 5 – контактная мешалка; 6 – электропечь; 7 – испаритель; 3 – грязеуловитель; 9 – керасиносорник; 10 – бункер с отбеливающей землей; 11 – скальчатый насос; 12 – фильтр-пресс; 13 – вакуум-насос; 14 – краники фильтр-пресса

Рисунок 3 – Общий вид центробежной маслоочистительной машины НСМ-3 – а и схема маслорегенерационной установки ВИМЭ-2 – б

На рисунке 3, а приведен общий вид массовой маслоочистительной машины (сепаратора) НСМ-3 производительностью 1500 л/час. Она применяется для сепарации масел непосредственно из баков станков и особенно турбин и трансформаторов. Отработанное масло из отстойника или бака станка проходит через фильтр и шестеренчатым насосом подается через электроподогреватель в рабочий барабан, где механические примеси, шлам и вода отделяются и очищенное масло возвращается в бак станка. Для сепарации масел также применяются другие сепараторы, сверхцентрифуги, магнитные сепараторы, вакуумные установки. Центрифугирование применяется также для извлечения и очистки охлаждающего масла (сульфофрезоло) от металлической стружки. Промывка водой применяется для удаления из масел водорастворимых продуктов окисления. Горячим конденсатом в сочетании с сепарацией очищаются турбинные и трансформаторные масла.

Регенерационная установка ВИМЭ-2 (рисунок 2, б) является типичной и широко применяемой на заводах РФ. На ней производится отгон горючего

и воды, контактирование и фильтрация. Отработанное масло из бака-отстойника скальчатый насосом через сетчатый фильтр подается в сырьевой бачок, где подогревается проходящими по змеевику парами отгоняемого горючего и воды.

Масло, проходя через находящийся в мешалке змеевик, нагревается горячим маслом и поступает далее в электропечь, где окончательно нагревается до требуемой температуры: индустриальные масла 120 – 165 °С, автолы 300 – 325 °С, авиамасла 200 – 225 °С. Из печи горячее масло поступает в испаритель, где отделяются пары горючего и воды, откачиваемые вакуум-насосом, через грязеуловитель и змеевик в керосиносборник. Масло из испарителя стекает в мешалку, в которой смешивается с отбеливающей землей, поступающей в количестве 5 – 7 % к маслу, и второй секцией скальчатого насоса прокачивается через фильтр-пресс к кранам. От них масло сливается в емкость для хранения или выдается потребителям для повторного использования. Производительность установки в зависимости от сорта и степени загрязненности масла до 30 кг/час и более. Установка может быть переоборудована на огневой подогрев по типу установки РМ-30 или на электроподогрев током напряжением 24 в. В настоящее время на Уралмаше выпускается и модернизированная регенерационная установка ВИМЭ-3, рассчитанная в основном для регенерации дизельных масел, разбавленных тяжелым топливом. Эта установка может быть использована также для регенерации отработанных автолов и индустриальных масел.

Очистка отработанного масла на мобильном оборудовании от компании GlobeCore производится не только на силовых электроустановках, но и на оборудовании с гидравлическим приводом, в том числе гидравлических, паровых, газовых турбин и т.д., использующих турбинное масло. Для такого рода смазочных материалов разработаны установки типа СММ-Т, где предусмотрена термовакуумная обработка масла. Работает установка в режимах фильтрации, осушки, деградации и вакуумирования с высокой эффективностью регенерации ОММ.

Выбор установок для регенерации масел по их техническим характеристикам и краткому описанию технологических процессов можно производить по каталогу или справочнику. Регенерационные станции обеспечивают наилучшую экономичность и получение высококачественных регенерированных масел и должны быть оборудованы на каждом крупном и среднем предприятии. Ее размеры и устройство определяются количеством и сортностью отработанных масел. Станция должна иметь устройства для слива масел, резервуары для их хранения, соответствующую регенерационную установку и прочее оборудование. Крупные регенерационные станции имеют отдельные помещения для приема и отстоя отработанного масла, регенерационное отделение, помещение для отпуска готовой продукции и лабораторию. Все помещения, оборудование, трубопроводы, арматура и коммуникации регенерационных станций должны отвечать санитарно-техническим нормам,

требованиям техники безопасности и государственного пожарного надзора. В отдельных экономических административных районах целесообразно оборудовать централизованные (кустовые) регенерационные станции, рассчитанные на обслуживание.

Библиографический список

1. Евдокимов А.Ю. Комплексная схема переработки отработанных масел и смазок / А.Ю. Евдокимов А.Ю. [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия – 1990. – № 1. – С. 28–31.
2. Школьников В. М. Топлива, смазочные материалы, технически жидкости / В. М. Школьников. – Москва : Химия, 1989. – С. 122-124.
3. Непогодъев А. В. Химический состав отработанного моторного масла / А. В. Непогодъев // ХТТМ. – 1974. – № 12. – С. 50-53.
4. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
5. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – 334 с.
6. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.

УДК 666.76

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ

Павлова Г.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведена оценка применения золошлаковых отходов ТЭЦ в промышленном производстве. Показана роль золошлаковых отходов в структуре энерго- и ресурсосбережения. Представлены результаты исследования процесса получения неформованных огнеупорных материалов на основе золошлаковых отходов ТЭЦ.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, промышленное производство, вяжущие свойства, неформованные огнеупорные материалы, перспективы использования золошлаковых отходов ТЭЦ.

Переработка золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭЦ и использование их в производстве позволяет расширить сырьевую базу многих промышленных технологий и решить экологические проблемы в теплоэнергетике [1, 2]. Эко-

логическая составляющая технологии рециклинга ЗШО ТЭЦ и требования законодательства по охране окружающей среды обусловлены тем, что значительные объемы золы и шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Золоотвалы при неблагоприятных погодных условиях (повышенная влажность воздуха, туманы, сильные ветры) формируют вторичное загрязнение окружающей среды, отрицательно влияют на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Поэтому ликвидация золоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе.

По своему составу золошлаковые отходы – ценный сырьевой материал для использования в различных отраслях экономики с дополнительным получением значительного экономического эффекта. Золошлаковые отходы могут использоваться как добавки и наполнители при производстве широкого спектра строительных материалов: песка, цемента, бетонов, растворов, кирпича, тротуарной плитки и различных формованных изделий различного технологического и строительного назначения. Они хорошо зарекомендовали себя при укладке в земляное полотно автомобильных дорог. Большие перспективы имеют технологии применения золошлаковых отходов в производстве портландцемента (как активные кремнеземистые добавки в количестве 10-15 %) и при получении пуццолановых портландцементов марок 300 – 400 (доля в составе золопортландцемента до 30 – 40 %). В этих технологиях тонкодисперсные отходы проявляют функции вяжущих веществ, которые позволяют экономить дорогостоящие стандартные связующие, полученные на основе сложных термических и физико - термических процессов [3, 4]. Подобные связующие можно использовать в тяжелых отраслях промышленности [4 – 6].

Особый интерес представляет использование ЗШО в сырьевой смеси для производства неформованных огнеупорных материалов черной и цветной металлургии: мертелей, засыпок, торкрет смесей, подварочных масс и др. Мертель муллитокорундовый (ММК) – огнеупорная смесь, используемая в качестве связывающего для алюмосиликатных изделий, а также для обмазки поверхностей и заделки швов огнеупорной кладки. Из-за высоких огнеупорных свойств муллитокорундовые мертели используют на самых ответственных участках работ по ремонту и строительству различных тепловых и нагревательных агрегатов.

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 указывает на процентное содержание оксида алюминия (Al_2O_3). В таблице 1 показаны основные показатели огнеупорных мертелей.

Подварочная масса – материал, предназначенный для горячих видов ремонта. Для производства подварочной массы при горячем ремонте рабо-

чей футеровки тепловых агрегатов используется высококачественный магнетит, полученный путем спекания с добавками и компонентами с помощью специального производственного процесса. Этот продукт является идеальным материалом для горячего ремонта участков износа рабочей футеровки конвертеров и промышленных печей. Может быть использован как самостоятельный материал, так и в комбинации с подварочными брикетами.

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 прокаливании, 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	-

Торкрет-масса – неформованные порошкообразные (зернистостью от $< 0,1$ до $3 - 5$ мм) огнеупорные материалы для нанесения покрытий или выполнения 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 кладки коксовых печей) и др.

Мертель шамотный относится к категории строительных растворов специального назначения, используемых в печестроении. Состав отличается высокими огнеупорными свойствами, легко переносит повышение температуры и контакт с открытым пламенем. Он включает шамотный порошок и белую глину (каолин), смешанные в определенной пропорции. Основное назначение этого продукта – формирование теплозащитной кладки с приме-

нением огнеупорного шамотного кирпича. Его структура аналогична той, которой обладает сама смесь. Это позволяет добиться повышенной адгезии, исключает растрескивание и деформацию кладки. Отличительной особенностью шамотного мертеля является процесс его твердения – он не застывает, а спекается с кирпичом после термического воздействия. Фасуется состав в упаковки разного объема, наиболее востребованы варианты от 25 и 50 кг до 1,2 т. Основные характеристики шамотного мертеля: термостойкость – 1700-2000 °С; усадка при прокаливании – 1,3 – 3 %; влажность – до 4,3 %; расход на 1 м³ кладки – 100 кг. В таблице 2 показаны основные физико-химические свойства шамотного мертеля.

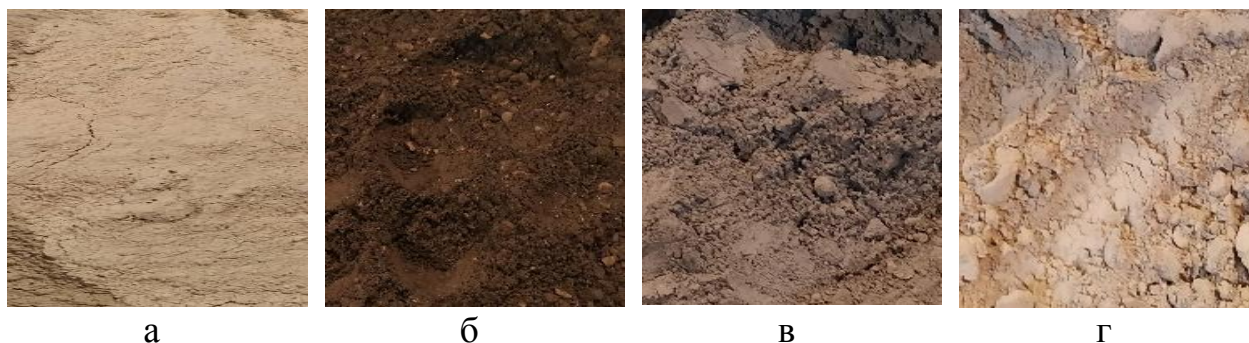
Таблица 2 – Основные физико-химические свойства шамотного мертеля

Марка	МШ-28	МШ-31	МШ-36	МШ-39
Массовая доля, %:				
Al ₂ O ₃ , не менее	28	31	36	39
Fe ₂ O ₃ , не более	-	-	1,6	1,8
Изменение массы, %	1,3 – 3,0	1,8 – 3,2	1,3 – 3,0	1,3 – 3,2
Огнеупорность, °С, не ниже	1650	1690	1730	1730

Целью работы являлось исследование возможности получения неформованных огнеупорных материалов на основе сыпучих ЗШО ТЭЦ.

Для исследования использовали ЗШО Кузнецкой ТЭЦ, работающей на энергетических углях Ерунаковского месторождения. На первом этапе работы ЗШО высушивали в камерном сушиле при температуре 105 °С. После чего сыпучий материал рассеивали на лабораторных ситах по фракциям: +2,5 мм; 1,0 – 2,5 мм; 0,2 – 1,0 мм; 0,1 – 0,2 мм; 0,063 – 0,1 мм; 0 – 0,063 мм. Сырьевая смесь содержала стандартные огнеупорные материалы, используемые на АО «ЕВРАЗ ЗСМК», техническую воду и добавки ЗШО определенного фракционного состава. В процессе смешивания компонентов фиксировали время схватывания, определяемое по потере пластических свойств массы и оптимальную влажность смеси. Оптимальную влажность смеси определяли визуально по наличию свободной влаги в емкости для смешивания и по условию перехода массы из пластического состояния в жидкотекучее. В состав опытной установки входила металлическая пресс-форма, позволявшая получать цилиндрические образцы размером 15×15 мм. Контроль над величиной давления прессования осуществлялся по шкале манометра. У образцов после измерений и взвешивания вычисляли плотность и пористость. На заключительном этапе работы определяли прочность на сжатие. Полученные результаты экспериментов показаны на рисунках 1 – 4.

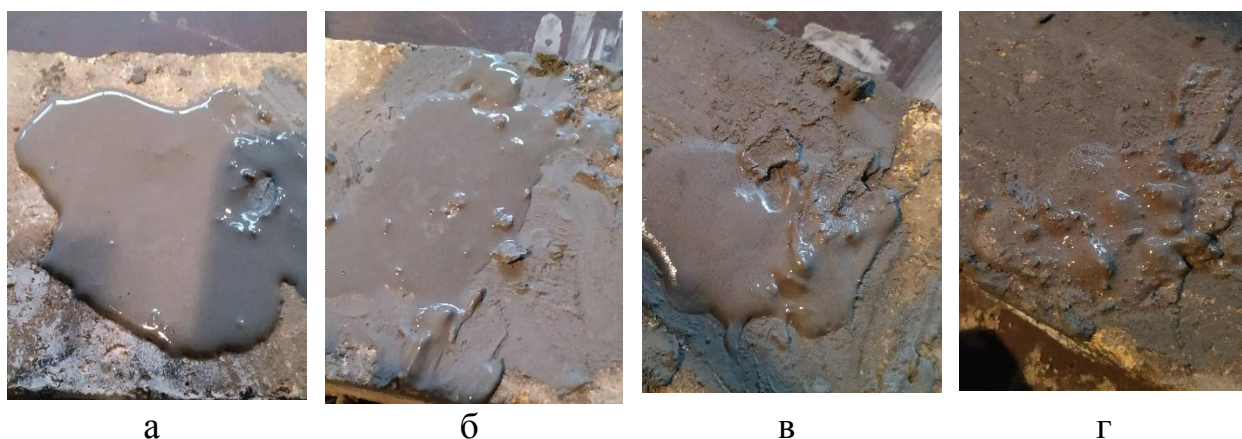
Макроструктура неформованных огнеупорных материалов, используемых в экспериментах, показана на рисунке 1.



а – муллитокорундовый мертель, б – подварочная масса, в – торкрет масса, г – шамотный мертель

Рисунок 1 – Макроструктура огнеупорных материалов

На первом этапе экспериментов из полученной смеси на основе шамотного мертеля и 20 % добавок ЗШО определенного зернового состава готовили вязкую растворную массу для приготовления шамотной огнеупорной кладки. В качестве формованных огнеупорных блоков, применяемых для сооружения кладки, использовали шамотные изделия. Внешний вид массы на поверхности огнеупорного изделия показан на рисунке 2.



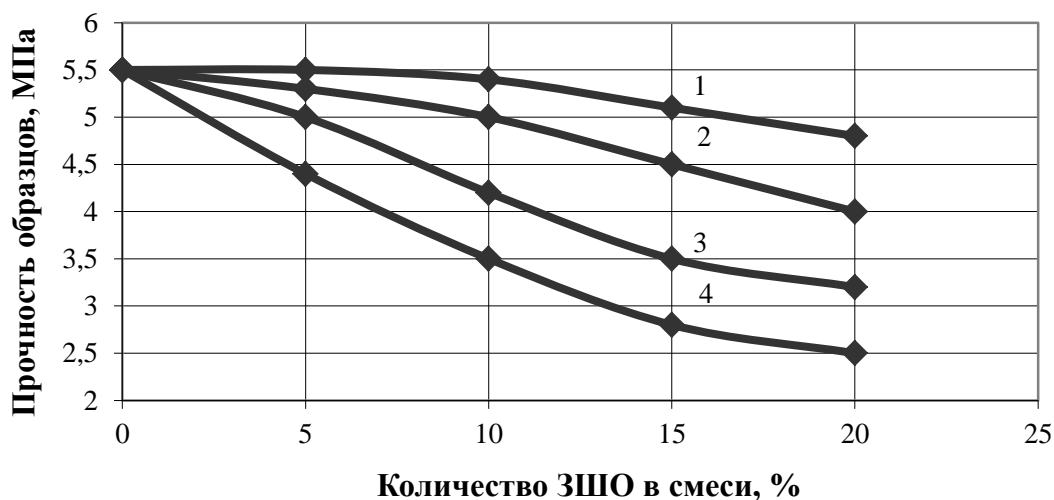
Размеры частиц ЗШО в огнеупорном мертеле, мм: а – 0 – 0,063; б – 0,063 – 0,1; в – 0,1 – 0,2; г – 0,2 – 1,0

Рисунок 2 – Внешний вид массы из смеси огнеупорного мертеля и ЗШО

Установили, что все ЗШО различного грансостава образуют пластичную и однородную массу, хорошо уплотняющую зазоры между изделиями. Ее структура аналогична структуре стандартного материала. Добавки ЗШО позволяют добиться повышенной адгезии, исключают растрескивание и деформацию кладки. Особенностью технологии явилась необходимость повышенного увлажнения растворной массы до 30 % при использовании тонкодисперсного состава ЗШО (размер частиц менее 0,2 мм) в огнеупорном мертеле.

На втором этапе работы были получены брикеты из смеси огнеупорно-

го мертеля и добавок ЗШО, у которых после естественной сушки в течение 10 дней определили прочность на сжатие (рисунок 3).

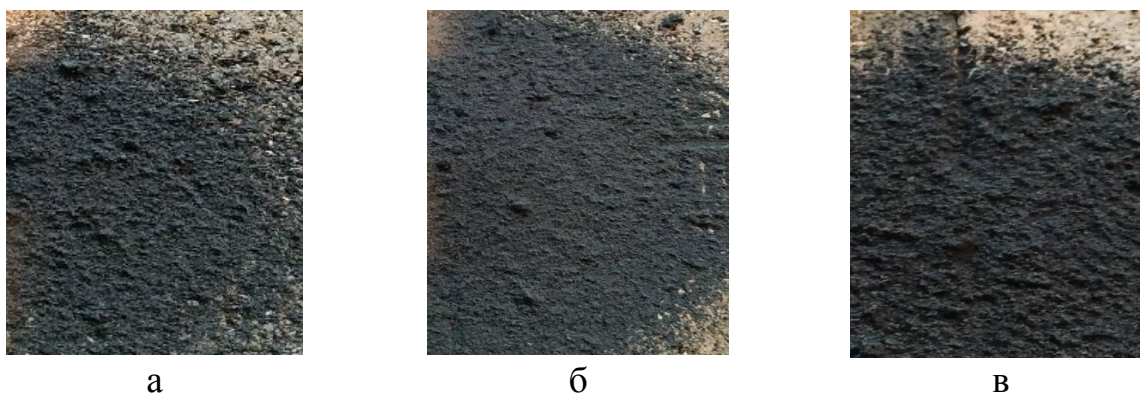


Размер частиц ЗШО, мм: 1 – 0 – 0,1; 2 – 0,1 – 0,2; 3 – 0,2 – 1,0; 4 – 1,0 – 2,0

Рисунок 3 – Зависимость прочности образцов от размера частиц и количества ЗШО в смеси

Установили, что добавки ЗШО в количестве 10 %, у которых размер частиц не превышает 0,1 мм, не снижают прочности стандартного огнеупорного материала. Более грубые частицы ЗШО в структуре мертеля уменьшают прочность брикетов от 10 до 55 %. Этот результат необходимо учитывать при использовании смеси на практике, применяя мертели с подобными составами в менее ответственных узлах футеровки.

Аналогичные опыты были проведены с использованием стандартной торкрет массы, в состав которой вводили добавки ЗШО. Макроструктура торкрет слоя на поверхности огнеупорного изделия показана на рисунке 4 .



а – стандартная торкрет масса; б – торкрет масса и ЗШО фракции 0,063 – 0,1 мм; в – торкрет масса и ЗШО фракции 0,1– 0,2 мм

Рисунок 4 – Макроструктура торкрет слоя на поверхности изделия

Установили, что добавки ЗШО с размером частиц менее 0,1 мм не ухудшают геометрических характеристик торкрет слоя (диаметр, толщину). Практически все добавки ЗШО существенно увеличивают коэффициент напыления массы – K , % на поверхность изделия. Повышением влажности массы W , %, до 10 % можно повысить K до 77 % (рисунок 5).

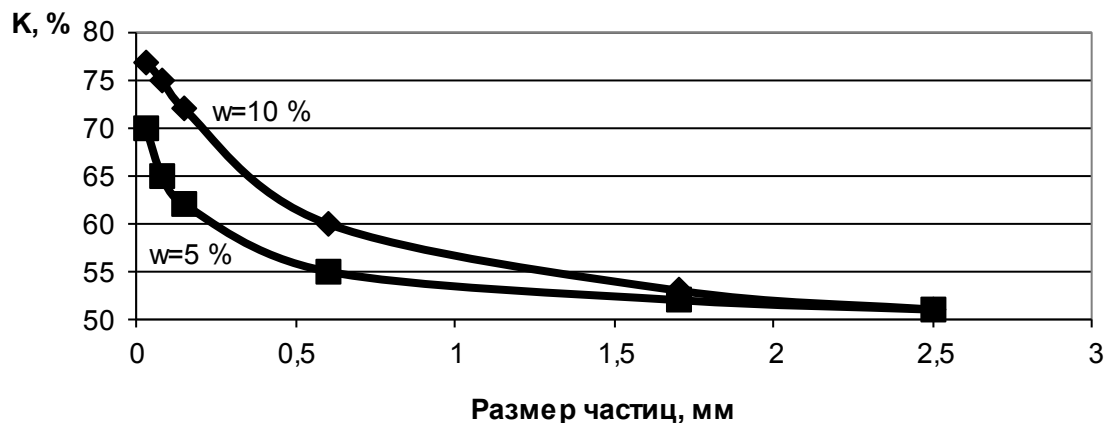


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента напыления торкрет массы от размера частиц ЗШО, содержащихся в огнеупорном материале

Золошлаковые отходы в торкрет смеси усиливают пластические и вяжущие свойства массы, формируют равномерное покрытие высокой прочности и плотности, что снижает газоплотность формируемой огнеупорной футеровки. По своим характеристикам напыленное покрытие не отличается от торкрет слоя, полученного из стандартных материалов. Эксперименты показывают, что применение ЗШО в чистом виде наиболее рационально в строительном производстве, где отсутствуют термические и технологические ограничения для использования торкрет массы.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий / Г.Ф. Быстрицкий. – Москва: Академия, 2006. – 304 с.
3. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
4. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
5. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
6. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ТОПЛИВА ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ГОРЕНИЯ

Куртуков М.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведен обзор литературных источников по проблеме воспламенения пылеугольного топлива промышленных парогенераторов. Проанализированы конструктивные особенности современных плазменных воспламенителей пылеугольного топлива. Сформулированы условия оптимальной работы плазматронов.

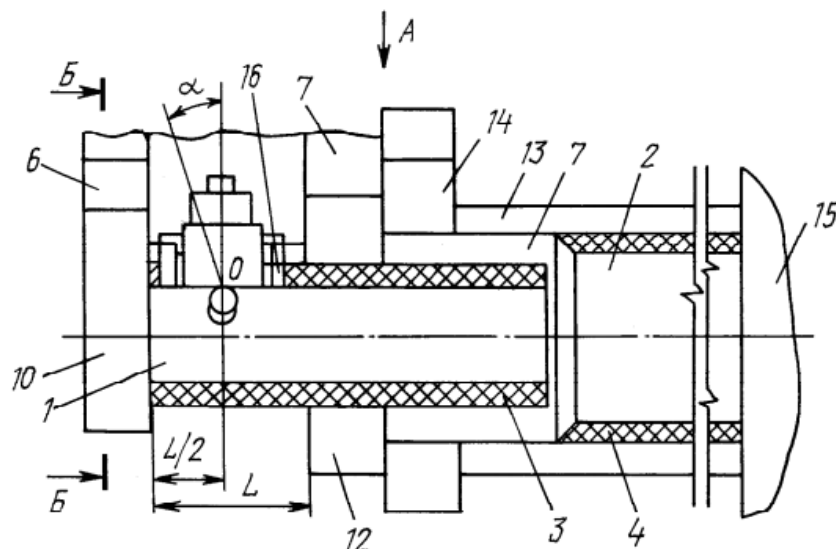
Ключевые слова: пылеугольное топливо; воспламенение топлива; плазматроны; факельное горение.

Наиболее распространенной практикой при растопке пылеугольных котлов при запуске их в эксплуатацию является применение мазута [1]. Мазут также используется в целях поддержания устойчивого горения пылеугольного факела в топке котла (подсветки), а в котлах с жидким шлакоудалением – для стабилизации выхода жидкого шлака. Недостатком мазута, как растопочного топлива, является трудность его собственного воспламенения, необходимость эксплуатации сложного мазутного хозяйства, загрязнение окружающей среды вредными выбросами при переходном режиме воспламенения, дефицит в некоторых регионах страны. Использование печного топлива на некоторых парогенераторах средней тепловой мощности также не решает полностью всех проблем.

Поиск безмазутного способа растопки и стабилизации горения пылеугольного факела для котлов твердотопливного горения привел к появлению плазменной технологии воспламенения и термохимической подготовки топлива (ТХП) при сжигании углей [2]. Технология плазменно-топливной системы (ПТС) позволяет заменить мазут угольной пылью, подвергаемой термохимической подготовке в ограниченном объеме горелки с использованием электродуговых плазматронов постоянного тока. ТХП пылеугольного топлива заключается в нагреве аэросмеси (угольная пыль с воздухом) электродуговой плазмой до температуры выхода летучих и частичной газификации коксового остатка. В результате из угольной пыли получают высокорекреакционное двухкомпонентное топливо (горючий газ и коксовый остаток). Смешиваясь с вторичным воздухом в топке котла, это нагретое топливо воспламеняется и устойчиво горит без дополнительной подсветки мазутом.

Плазменные технологии используются во многих отраслях техники. Плазменно-угольная ТХП может быть использована в тяжелых отраслях

промышленности: при обжиге строительных и огнеупорных изделий, железорудных окатышей, нагреве металла, термообработке крупногабаритных деталей и др. [3 – 5]. Один из конструктивных вариантов исполнения плазменно-угольной горелки представлен на рисунке 1. Технические характеристики стандартного электродугового плазмотрона приведены в таблице 1.



1 – камера ТХП; 2 – камера смешения; 3, 4 – огнеупорный материал; 6 – пылепровод подачи потока аэросмеси в камеру ТХП; 7 – пылепровод подачи второго потока аэросмеси; 10, 12, 14 – закручивающие устройства; 13 – канал вторичного воздуха; 15 – топочное пространство; 16 – водоохлаждаемый патрубок

Рисунок 1 – Схема плазменной пылеугольной горелки

Таблица 2 – Технические характеристики стандартного электродугового плазмотрона

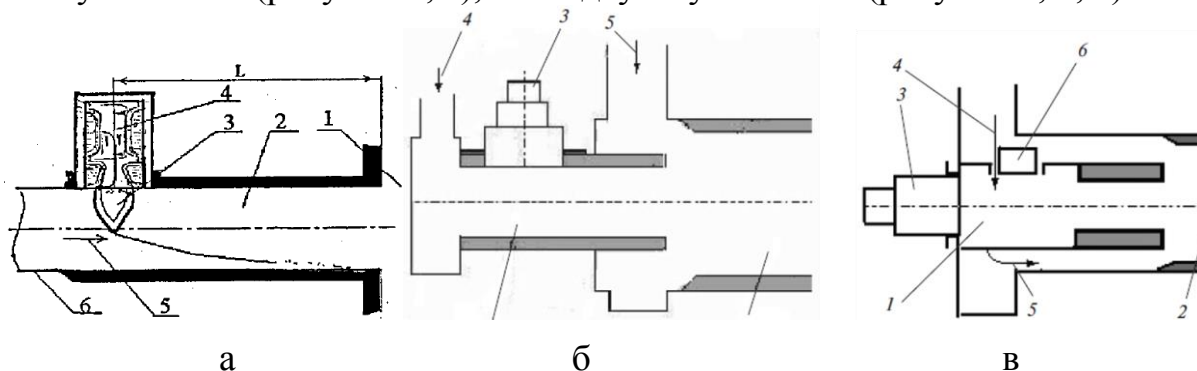
Мощность плазмотрона, кВт	50 – 350
Напряжение, В	250 – 400
Сила тока дуги, А	200 – 900
Масса, кг:	
– плазмотрона	20 – 35
– источника питания	450 – 500
Ресурс работы электродов, ч	250 (катод), 500 (анод)
Расход плазмообразующего газа (воздух), кг/ч	20 – 80
Температура факела, К	3000 – 6000

Плазменная пылеугольная горелка содержит камеру термохимической подготовки топлива и расположенную за камерой ТХП смешительную камеру. Длина камеры ТХП составляет обычно 0,5 – 0,6 от общей длины горелки. Камера ТХП снабжена тепловой защитой, в качестве которой на ее внутренней поверхности выполнено покрытие из огнеупорного материала, например карборунда или шамотобетона. На внутренней поверхности стенки камеры смешения выполнено покрытие из того же огнеупорного материала. Для

подвода пылеугольной аэросмеси горелка имеет общий пылепровод. В месте разветвления общего пылепровода установлен шибер для регулирования расхода аэросмеси. Расход аэросмеси через пылепроводы регулируется в зависимости от яркости и устойчивости горения факела в топке.

Плазмотрон установлен во входной части камеры ТХП в верхней ее половине в водоохлаждаемом патрубке. Часть потока аэросмеси по пылепроводу через улитку поступает в камеру ТХП. Под действием центробежной силы у внутренней поверхности камеры ТХП образуется область повышенной концентрации угольной пыли. После включения плазматрона струя плазмы подается в камеру ТХП в область повышенной концентрации угольной пыли. Струя плазмы взаимодействует с потоком аэросмеси, происходит нагрев этой части аэросмеси с выделением летучих и частичной газификацией коксового остатка. Температура топливной смеси (горючие, коксовый остаток и продукты горения) достигает $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, что превышает температуру самовоспламенения любого, даже для самого низкорреакционного угля. Вторая часть потока аэросмеси по пылепроводу поступает через улитку во вторую камеру смешения, где смешивается с нагретой топливной смесью. Из горелки топливная смесь поступает в топку котлоагрегата. Одновременно по каналу вторичного воздуха закрученный в улитке воздух подают в топку, где происходит их перемешивание и образуется пылеугольный факел.

В промышленности используются разные схемы камер ТХП – как одноступенчатые (рисунок 2, а), так и двухступенчатые (рисунок 2, б, в).



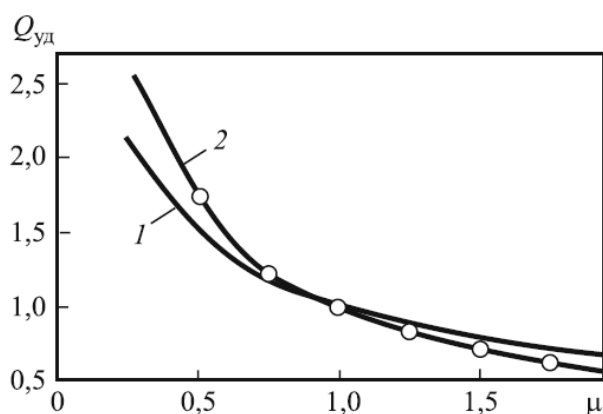
В позиции а: 1 – топка; 2 – камера ТХП; 3 – плазменная струя;
4 – плазмотрон; 5 – поток аэросмеси; 6 – пылепровод

В позиции б, в: 1, 2 – первая и вторая ступени камеры; 3 – плазмотрон;
4, 5 – потоки аэросмеси; 6 – шибер

Рисунок 2 – Схемы одноступенчатой – а, двухулиточной (б) и одноулиточной (в) двухступенчатых камер ТХП

Высокореакционные угли воспламеняются значительно легче, и проблема поддержания устойчивости горения факела становится менее актуальной. В таких условиях часто используют одноступенчатую камеру ТХП. Конструкция двухступенчатой камеры ТХП несколько сложнее, но ее использование значительно снижает энергозатраты при плазменном воспламе-

нении топлива. Поэтому такие камеры чаще применяются для воспламенения низкорреакционных углей. Они также могут дать большой эффект для воспламенения высокорреакционных углей. Если концентрация угля в аэро-смеси, поступающей из мельницы, в первый период растопки воспламенения низкая, то требуется повышенная мощность, подводимая к плазмотрону. Это обусловлено тем, что с увеличением плотности пыли энергозатраты на ее воспламенение снижаются. Об этом свидетельствуют результаты экспериментов (рисунок 3), приведенные в источнике [2].



1 – расчет; 2 – эксперимент;

Рисунок 3 – Зависимость мощности плазмотрона ($Q_{уд}$), необходимой для воспламенения угля, от его концентрации (μ) в аэро-смеси

Двухулиточная камера предпочтительна при создании автономной горелки для работы с низкорреакционными углями. Одноулиточная камера имеет меньшие размеры и может быть встроена в существующую горелку, а шибер будет служить для перераспределения расходов аэро-смеси в ступени камеры [6].

В камере термохимической подготовки происходит воспламенение угля. С одной стороны она полезна как аккумулятор тепла и стабилизатор процесса воспламенения, и интенсивный теплоотвод от ее поверхности нецелесообразен. С другой стороны, она должна обладать достаточно высокой термостойкостью, чтобы сохранять работоспособность при температуре потока топливной смеси свыше 1250°C в течение длительного времени. Термостойкость - это одно из важнейших свойств огнеупорных изделий, заключающееся в способности материала выдерживать резкие перепады температур в процессе нагрева и охлаждения. Повышенные требования должны быть предъявлены к абразивному износу теплозащитного материала от потока угольной пыли. Огнеупорные изделия также должны иметь высокую шлакоустойчивость. После установки плазмотрона горение топлива в факеле реализуется в две стадии: на первой воспламенение топливовоздушной смеси происходит при недостатке воздуха, а на второй – горение осуществляется с нормативным значением избытка воздуха. Это позволяет добиться значительного снижения эмиссии оксидов азота.

В основе плазменно-энергетических технологий лежат следующие основные принципы функционирования: термохимическая подготовка топлив к сжиганию с учетом глубины конверсии угля (вплоть до полной газификации) в зависимости от решаемой задачи; автотермический характер превращения топлив (возможность реализации крупнотоннажного производства); плазменная активация пылеугольного потока; минимальная диссипация энергии плазмы.

Основное условие реализации процесса плазменного воспламенения пылеугольной смеси заключается в нагреве аэросмеси до заданной температуры. В результате термохимической подготовки угольной аэросмеси на выходе из камеры ТХП для устойчивого горения в топке котла ее температура для высокореакционных углей должна быть в пределах 1050 – 1100 °С. Для низкорреакционных углей требуется более высокая температура - более 1250 °С. Максимальное значение температуры ограничивается термостойкостью стенок камеры и необходимостью исключения ее шлакования. При создании плазменно-угольной горелки путем модернизации основной пылеугольной горелки следует обеспечить приемлемую для эксплуатации компоновку камеры ТХП с горелкой. Это может быть вариант создания дополнительной растопочной (подсветочной) горелки, которая может работать без взаимосвязи с основными штатными горелками котла. Расход угля через камеру ТХП и количество этих камер при растопке котла должны обеспечивать производительность по теплу (с учетом пониженной полноты сгорания угля в холодной топке), назначаемую на уровне 30 % нагрузки котла. Предпочтительно, чтобы единичная мощность плазмотрона не превышала 200 кВт, так как с ее увеличением усложняется обслуживание горелки. Установка на камеру более двух плазмотронов затрудняет их эксплуатацию. Условия, при которых обеспечивается надежная эксплуатация двухступенчатой камеры ТХП (когда недостаточна мощность двух плазмотронов для надежного воспламенения в одноступенчатой горелке) заключаются в применении термостойкого материала. Он должен обеспечивать заданный ресурс работы смесительного канала камеры. Его рабочая температура должна быть на 150 – 200 °С выше температуры потока на выходе из камеры.

Преимущества плазменных технологий безмазутной растопки котлов и подсветки факела, в основе которых лежит термохимическая подготовка пылеугольных топлив, заключаются в сокращении потребления мазута и газа на ТЭС. При этом повышается энергетическая эффективность плазменно-энергетических технологий в 3 – 4 раза. Замещение углем высококалорийного подсветочного топлива (мазута или природного газа) снижает выбросы оксидов азота на 40 – 50 % благодаря превращению азота топлива в молекулярный азот в обедненных кислородом зонах воспламенения и горения. В случае замещения высокосернистого подсветочного мазута ПТС уменьшаются выбросы оксидов серы на 30 – 40 %. Почти полностью снижаются выбросы пятиоксида ванадия и общее количество выбросов двуоксида углерода

вследствие увеличения эффективности процесса горения. Происходит уменьшение механического недожога топлива и содержания углерода в уносах (в 1,5 – 2,0 раза). Плазменные технологии позволяют обеспечить растопку энергоблоков пылеугольных ТЭС при потере собственных паровых нужд станции. Появляется возможность комплексного решения вопросов техперевооружения пылеугольных энергоблоков с сохранением технических и эколого-экономических показателей ТЭС при использовании широкой гаммы непроектных энергетических углей или альтернативного топлива. Применение ПТС дает возможность глубокой автоматизации процесса розжига, стабилизации процесса горения пылеугольного факела в котлах и снижения эмиссии вредных выбросов в окружающую среду. Производственные испытания, проведенные в реальных промышленных условиях, позволяют сделать вывод о целесообразности перехода на использование плазменных технологий воспламенения пылеугольного топлива не только в теплоэнергетике, но и в других отраслях техники. Экономический эффект от внедрения ПТС зависит от соотношения цен на уголь, газ, мазут. При этом срок окупаемости данной технологии, как правило, составляет 6 – 18 месяцев.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – М.: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Карпенко Е.И. Научно-технические основы и опыт эксплуатации систем плазменного воспламенения углей на ТЭС / Е.И. Карпенко [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1998. – 137 с.
3. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
4. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
5. Павловец В. М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке. Монография / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2016. – 373 с.
6. Перегудов В.С. Горелка для плазменно-угольной растопки котла // Теплоэнергетика. – 2008. – № 4. – С. 48 – 52.

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ СЛОЕВОГО ГОРЕНИЯ

Забродин И.С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведен обзор литературных источников по проблеме производства топливных брикетов, обеспечивающей повышение реакционной способности окускованного продукта для котлов слоевого горения. Сформулированы условия оптимизации минерального состава и структуры брикетируемой массы. Предложены методы получения топливных брикетов на основе отходов производства с высокими потребительскими свойствами.

Ключевые слова: горючие отходы производства, реакционная способность, топливные брикеты, брикетирование, порообразующие добавки, слоевое горение.

Замена части энергетического топлива на предприятиях теплоэнергетики органическим техногенным вторичным сырьем (ТВС) позволяет существенно снизить себестоимость вырабатываемой тепловой и электрической энергии [1]. Это особенно актуально для котлоагрегатов твердотопливной генерации, работающих в слоевом режиме горения на подвижной колосниковой решетке. Для повышения газопроницаемости сжигаемого слоя угля в этих агрегатах слой топлива должен содержать кусковые частицы или брикеты размером от 5 до 50 мм. Содержание угольной мелочи в слое должно быть минимальным. Поэтому угольную мелочь рекомендуется брикетировать для получения прочных кусковых продуктов, формирующих плотный проницаемый слой твердого топлива [2, 3]. В последнее время к брикетируемой угольной мелочи предложено добавлять некоторое количество органических отходов производства, подлежащих рациональной утилизации. В качестве ТВС в теплоэнергетике используют отходы углеобогащения, деревообрабатывающих предприятий, сельхозпроизводства, измельченные бытовые и органические отходы других предприятий, угольные тонкодисперсные просыпи и пыли систем аспирации, древесную муку, искусственно приготовленные мелкие древесные частицы и др. Большинство этих материалов находится в сыпучем тонкодисперсном состоянии. В этом состоянии транспортировка и качественное сжигание ТВС в слоевом режиме горения невозможна. Поэтому сыпучие материалы переводят формованием в кусковое состояние, пригодное для транспортировки их к парогенератору и эффективного сжигания на колосниковой решетке котлоагрегата. Наиболее перспективным способом окускования дисперсных материалов является брикетирова-

ние. Процесс брикетирования углеродсодержащих материалов менее требователен к грансоставу сырья и позволяет окусковывать дисперсное вторичное сырье с невысокой гидрофильностью в широком диапазоне крупности частиц (0 - 5,0 мм) практически в любых пропорциях и составах. При холодном брикетировании сохраняются физические и структурные свойства компонентов, входящих в брикетируемую массу, и не требуется высокотемпературной термообработки. Поэтому этот способ окускования является экологически относительно чистым способом производства. Для тонкодисперсных отходов производства технически возможна технология гранулирования материалов, но она требует более качественных связующих материалов [3, 4].

К основным технологическим параметрам процесса брикетирования относят качество подготовки шихты (степень измельчения компонентов, однородность шихты, уровень влажности и др.), режимы прессования (давление прессования, производительность и др.), показатели термического и химического упрочнения брикетов (температура сушки, длительность процесса упрочнения и др.), количество и стоимость связующих, качество брикетов (прочность, химический состав, влагостойкость и др.) [5].

При брикетировании многих видов измельченного сырья, обладающего недостаточными аутогезионными свойствами, даже при высоких давлениях (более 100 МПа), обычным холодным прессованием получить прочные брикеты без их спекания не представляется возможным. В таких случаях оправдано использование связующих материалов, улучшающих агрегацию частиц и повышающих прочность брикетов до заданного уровня. Они должны обладать высокими клеящими свойствами и обеспечивать необходимую холодную и горячую прочность при минимальном расходе связующего, обеспечивать быструю схватываемость, вносить минимальное количество вредных, балластных и других примесей, опасных для обслуживающего персонала и снижающих качество конечного продукта, не ухудшать условий сжигания брикетов, быть распространёнными и обладать невысокой стоимостью, характеризоваться низкими транспортными затратами по их доставке на фабрику, не требовать сложных приёмов и операций по их использованию, обеспечивать минимальную влагостойкость.

Использование органических добавок в составе топливных брикетов позволяет реализовать теплотехнические преимущества слоевого сжигания топлива. Снижается расход более дорогостоящего энергетического топлива, формируется дополнительный источник внутреннего тепловыделения. Появляется возможность формирования пористости и структуры брикетов. Применение измельченных до крупности 0,1 мм частиц растительного происхождения (древесные частицы, растительная мука) в количестве 1 – 10 % практически не ухудшает процесс брикетирования, поскольку некоторые из них (например, хвойные) проявляют связующие свойства, усиливающиеся во влажной среде. Сухие стеблевые растительные отходы, измельченные до игольчатого состояния, способны сформировать особую поровую структуру

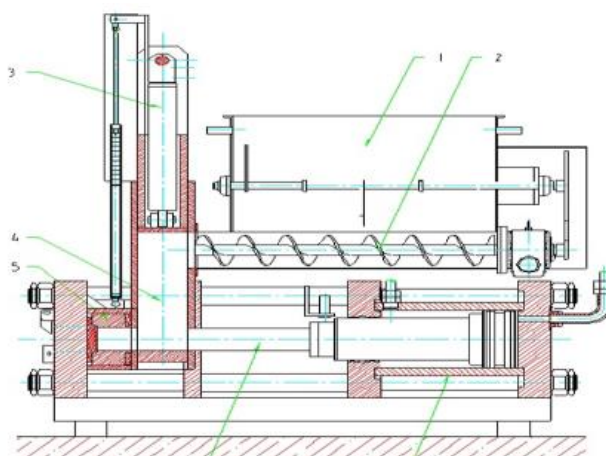
брикетов, содержащих капиллярные каналы с минимальной извилистостью, что при сжигании обеспечивает полноту окисления топлива. Использование отходов сельскохозяйственного производства за рубежом (США, Канада) организуют при совместном сжигании природного газа, нефти и измельченных отходов растительного происхождения (древесная щепа, стебли кукурузы) не только в теплоэнергетике, но и в тяжелой промышленности [3].

Реакционная способность топливных брикетов связана с формированием в структуре кусков повышенного количества открытых пор, пронизываемых для окислительных газов, с минимальной извилистостью. На этапе сушки окускованное тело должно иметь минимальное содержание влаги, чтобы исключить формирование напряжений и процесса трещинообразования. Для этих целей также хорошо подходят порообразующие добавки растительного происхождения, особым образом структурированные к основной массе твердых сыпучих частиц [6, 7].

Для мелкосерийного производства топливных брикетов наибольшее распространение получили шнековые (экструдеры), гидравлические и ударно-механические прессы (рисунок 1).



а



б

Рисунок 1 – Шнековый – а и гидравлический – б прессы для производства топливных брикетов

Брикеты, которые получают на шнековом прессе, как правило, в сечении имеют форму неправильного восьмигранника с отверстием по центру. У них относительно высокая плотность (более $1,2 \text{ кг/дм}^3$), более длительное время горения и постоянство характеристик в процессе длительного хранения. Брикеты, которые получают на гидравлическом прессе, как правило, кирпичной формы, изредка – цилиндров. У этих брикетов более низкая плотность (до 1 кг/дм^3), более непродолжительное время горения. Они не подлежат долгому хранению без герметичной упаковки, плохо переносят транспортные операции. Брикеты, которые изготавливаются на ударно-механическом прессе, гораздо дешевле в изготовлении, чем полученные на шнековым прессе, но дороже изготовленных на гидравлическом прессе. До-

стоинство таких прессов – это возможность производства брикетов любой формы (круглых, квадратных, восьмиугольных в сечении, в т.ч. с отверстием). Это в сочетании с высокой единичной производительностью (до 1,8 т/час) дает возможность производить брикеты не только для частных потребителей, но и для промышленного использования.



Качество брикетов, как правило, зависит от физических характеристик сырья, содержания влаги, режима брикетирования. В зависимости от вида отходов, брикеты бывают древесными, каменноугольными, торфяными и спрессованными из лузги. В их производстве существуют технологические особенности. Если сырье брикетируется с использованием конической матрицы при высокой температуре, то возможно расслоение массы. Рост температуры ведет к испарению влаги из сырья. Если влаги в сырье слишком много, то это может привести к возникновению так называемых «паровых карманов», которые впоследствии могут нарушить целостность брикетов во время снятия нагрузки и расширения. Наиболее приемлемое количество влаги для брикетирования варьируется для разного вида сырья. Рекомендуемое содержание влаги для производства древесных брикетов составляет 6 – 16 %. С изменением свойств сырья качество брикетов тоже изменяется. Древесина сосны как сырье не совсем пригодна для изготовления брикетов. Для брикетов лучше использовать стружку, чем опилки. Это обусловлено тем, что опилки не имеют развитой структуры, а сырье со структурой обеспечивает лучшую связь между частицами в брикете. При необходимости можно использовать добавку 1 – 2 % специальных лигнинов (вяжущей смолы), что позволяет снизить влажность сырья до 10 – 11 %. Тепловая ценность разных видов топлива представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Тепловая ценность разных видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг
Антрацит	26 – 31
Бурый уголь	10 – 16
Каменный уголь	21 – 30
Природный газ	27 – 32
Торф (влажность 20 %)	15 – 17
Дизельное топливо	42 – 44
Древесина (влажность 40 %)	6 – 11
Брикеты (из опилок)	16 – 30

Характеристики и потребительские свойства некоторых видов наиболее распространенных топливных брикетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики и потребительские свойства топливных брикетов

Вид топливного брикета	Особенности технологии	Достоинства продукта
<p data-bbox="172 302 496 338">Древесные брикеты</p> 	<p data-bbox="596 302 1013 898">Возможно прессование различных древесных отходов: сухостой, опилки, стружка, некондиционная древесина. Перед прессованием отходы нагреваются до определенной температуры, в следствии чего выделяется лигнин, благодаря которому брикеты приобретают высокую прочность и сохраняют свою форму.</p>	<ol data-bbox="1023 302 1422 1025" style="list-style-type: none"> 1. Плотность брикетов постоянна и составляет 1240 кг/м³. Плотность древесины 150-1280 кг/м³. 2. Низкая влажность брикетов 10 %, у древесины 2 - 60 %. 3. Масса золы равна 1 %, а древесины 5 %. 4. Теплота горения брикета 4400 ккал/кг, а дерева 2390 ккал/кг. 5. Правильная форма брикетов упрощает их транспортировку и хранение.
<p data-bbox="172 1048 469 1122">Каменноугольные брикеты</p> 	<p data-bbox="596 1048 1013 1339">Брикеты получают из отсева каменноугольного угля. Отсев доизмельчается, смешивается со связующим веществом, а затем прессуется под высоким давлением.</p>	<ol data-bbox="1023 1048 1422 1809" style="list-style-type: none"> 1. Брикеты не дымят и не выделяют угарный газ. 2. Пригодны для использования в бытовых и производственных условиях. 3. Имеют компактную форму и низкую осыпаемость. 4. Высокая теплота горения 5200 Ккал/кг и низкая зольность 10 - 15 %. 5. Длительный срок хранения и высокая прочность в процессе транспортировки.

Продолжение таблицы 1

Вид топливного брикета	Особенности технологии	Достоинства продукта
<p>Торфяные брикеты</p> 	<p>Для изготовления брикетов торф высушивают, нагревают и под высоким давлением прессуют. После брикетирования получаются легкие кирпичики темного цвета.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Брикеты используются для всех видов котлоагрегатов слоевого горения. 2. Высокая теплота горения и низкая зольность. 3. Низкая стоимость. 4. Зола используется как эффективное известковое и фосфорное удобрение.
<p>Брикеты из лузги</p> 	<p>Лузга подсолнечника, шелуха гречихи и риса, отходы ржи, овса, растительный жмых и солома используются для изготовления топливных брикетов.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенная теплоотдача и короткое время воспламенения из-за низкой влажности лузги (8 %). 2. Отсутствие вредных примесей и доступная цена. 3. Удобство хранения и транспортировки. 4. Зола лузги используется как эффективное известковое и фосфорное удобрение.
<p>Брикеты из отходов лиственных пород</p> 	<p>Отходы лиственных пород насыщены смолами, которые при нагреве выделяют связующие компоненты, которые упрочняют прессуемую массу.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенная теплоотдача и короткое время воспламенения. 2. Отсутствие вредных примесей и доступная цена. 3. Удобство хранения и транспортировки. 4. Использование золы в качестве эффективного удобрения.

Сравнение характеристик топливных брикетов и традиционных видов топлива показывает, что прессованные материалы эффективнее. Если же выбирать между самими брикетами, следует учитывать их особенности и свойства. Чтобы реже загружать топливо, следует использовать каменноугольные или торфяные брикеты. Если требуется зола для удобрения, то лучше использовать древесные брикеты из шелухи, они же являются наиболее доступными по цене. Имеющийся опыт использования топливных брикетов в теплоэнергетике свидетельствует о том, что они эффективны при зажигании слоя топлива. В основной массе они бездымные и формируют высокую газопроницаемость слоя и его эффективную теплоотдачу. Они транспортабельны и не слеживаются при хранении.

Главной особенностью топливных брикетов можно считать более эффективное использование горючих материалов, особенно отходов производства или сельского хозяйства. Благодаря применению современных технологий продукция очень удобна в использовании и имеет много преимуществ. Чтобы изготовить брикеты можно использовать любые отходы деревообрабатывающей промышленности или хозяйственной деятельности. Для подготовки сырья к брикетированию можно применять механические измельчители и рубильные машины. Достаточно ресурсов для производства альтернативного топлива имеется и в сельском хозяйстве: солома; травяные ресурсы; стебли подсолнуха, кукурузы и других растительных культур; зерновая шелуха; ветки после обрезки деревьев, кустов и др. В качестве сырья также может использоваться угольная пыль, углеродсодержащие шламы, замасленные отходы, обрезки ветоши, текстиля и макулатура.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – М.: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Крохин В.Н. Брикетирование углей / В.Н.Крохин. – М.: Недра, 1984. – 224 с.
3. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В. М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
4. Павловец В. М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке. Монография / В.М. Павловец. – Новокузнецк: СибГИУ, 2016. – 373 с.
5. Павловец В. М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии. – Новокузнецк: СибГИУ, 2019. – 386 с.
6. 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.
7. 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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТАХ СЛОЕВОГО ГОРЕНИЯ

Павлова Г.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведен обзор литературных источников по совершенствованию системы возврат золы уноса в процессе твердотопливного горения на котлах слоевого горения. Сформулированы условия оптимизации работы системы возврат золы уноса с использованием альтернативного топлива.

Ключевые слова: система возврат золы уноса; твердотопливное горение, котлы слоевого горения.

Замена части энергетического топлива на предприятиях теплоэнергетики органическим техногенным вторичным сырьем (ТВС) позволяет существенно снизить себестоимость вырабатываемой тепловой и электрической энергии [1]. Это особенно актуально для котлоагрегатов твердотопливной генерации, работающих в слоевом режиме горения на подвижной колосниковой решетке. В последнее время к брикетируемой угольной мелочи предложено добавлять некоторое количество органических отходов производства, подлежащих рациональной утилизации. В качестве ТВС в теплоэнергетике используют отходы углеобогащения, деревообрабатывающих предприятий, сельхозпроизводства, измельченные бытовые и органические отходы других предприятий, угольные тонкодисперсные просыпи и пыли систем аспирации, древесную муку и др. Сжигание подобных материалов в слое, как правило, характеризуется образованием сажистых частиц, формирующих механический недожог топлива. Большое содержание горючих в уносе из слоевых топок, особенно в его крупных фракциях (40 – 90 %), делает целесообразным возврат в топку частиц уноса, оседающих в газоходах котлоагрегатов, а также топливных частиц, улавливаемых в золоуловителе первой ступени. Количество осажденных частиц в газоходах котлоагрегатов разных конструкций составляет от 20 до 50 % по отношению ко всему уносу. Эти материалы находятся на дымовом тракте котлоагрегата в сыпучем тонкодисперсном состоянии, поэтому для них необходим специальный режим возврата в топку и сжигания.

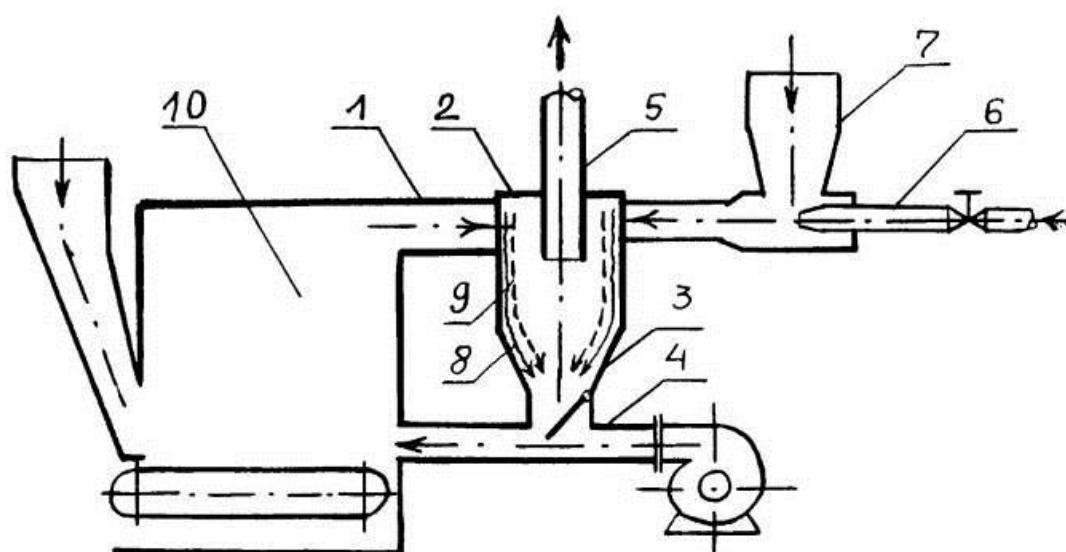
Для этой цели используются воздушные эжекторы, работающие от высоконапорного вентилятора. Унос отсасывается эжекторами из золовых бункеров или золовых карманов и вдувается по нагнетательным трубам в топочную камеру. Применяется также подмешивание собранного уноса к топливу или подача его самотеком по течкам на начальный участок цепной решетки.

В США, Англии и Японии широко применяется дополнительный возврат уловленного уноса из золоуловителя путем установки двух отдельных золоулавливающих аппаратов первой и второй ступени, либо одного специального двухступенчатого аппарата. Первая ступень золоулавливания служит для осаждения наиболее крупных частиц, которые возвращаются в топку, а вторая ступень - для очистки дымовых газов от мелких фракций уноса, в соответствии с существующими санитарными нормами.

В качестве золоуловителя первой ступени используются осадительные камеры, упрощенные трубчатые золоуловители, интегрированные непосредственно в газоходы, и золоулавливающие дымососы. Важно, чтобы первая ступень золоулавливания представляла меньшее сопротивление для прохода газов. Трудностью является возврат осажденных частиц из газоходов котлов, которые низко посажены, так как за эжекторами, которые установлены внутри закрытых зольников, трудно наблюдать, а также их обслуживать. Устройство состоит из высоконапорного вентилятора, раздающего воздушного коллектора и четырех ветвей трубопроводов с эжекторами. Нагнетательные трубы от эжекторов выходят в топку через ее заднюю стену на высоте 500 мм над решеткой и заканчиваются чугунными соплами. Сопла наклонены вниз к решетке на 10° . Это сделано для того, чтобы исключить попадание в них крупных кусков топлива, вылетающих из пневмомеханических забрасывателей. Такая схема сохраняется для котлов ДКВР-2,5, ДКВР-4 и ДКВР-10 в низкой компоновке. По законам аэродинамики наиболее мелкие частицы увлекаются восходящим потоком, а крупные в основной массе либо осаждаются на слой, либо сгорают во взвешенном состоянии над слоем. При этом возможна многократная циркуляция частиц уноса в топке котлоагрегатов. Это подтверждается специальными опытами, в которых, осажденный унос загружался в угольные ящики забрасывателей сразу после опорожнения их от топлива. Нагрузка котла при этом обеспечивалась в течение 20 – 30 мин на одном уносе. При этом унос в значительной массе ложился на раскаленный слой и горел на его поверхности.

Основным элементом конструкции системы возврат золы уноса является эжектор. Эжекторы приведенной системы применяются трех размеров с отношениями диаметров нагнетательной (смесительной) трубы и сопла ($d_{cm}/d_1^3=50/22,7; 60/24,5$ и $76/31$ мм/мм.). Диаметры сопел указаны эквивалентные с учетом площади трех дополнительных прямоугольных канавок под соплом сечением 10×5 и 10×6 мм, которые служат для проветривания нижней части эжектора. Благодаря этим канавкам намного повышаются производительность и надежность работы эжекторов. Отверстия сопел имеют диаметры $d_1=18; 20$ и 27 мм. Внутренние диаметры воздухоподводящих труб к эжекторам - 50, 60 и 76 мм. Следует обратить внимание, что котлы ДКВР-4, ДКВР-6,5 и ДКВР-10 имеют в первых двух зольниках по ходу газов эжекторы большего размера, чем в следующих двух зольниках. Трубопроводная система и эжекторы выполняются из жароупорной стали.

Из уровня техники известно техническое решение по совершенствованию системы возврат золы уноса, которое предложено и отработано на кафедре ТЭ и Э СибГИУ в модельном режиме [2]. Сущность технического решения заключается в использовании твердого сыпучего коагулянта в качестве эффективного пылеулавливающего средства в центробежном пылеуловителе, включенном в систему возврата золы уноса. Известны технические решения, в которых предложено использовать различные виды коагулянтов на основе отходов производства [3 - 5]. Схема, иллюстрирующая работоспособность технического решения [2], показана на рисунке 1.



- 1 – горизонтальный дымоход; 2 – циклон пылеуловитель; 3 – пылесборник;
 4 – нагнетательный патрубок вентилятора; 5 – выхлопная труба циклона;
 6 – сопло сжатого воздуха; 7 – загрузочный бункер сыпучего древесного коагулянта;
 8 – корпус пылеуловителя; 9 – потоки пыли и коагулянта

Рисунок 1 – Схема установки возврата золы уноса на котле слоевого горения

В этом техническом решении предложена подача сыпучего древесного коагулянта, которая позволяет повысить эффективность работы циклона пылеуловителя на 10-15 % за счет улавливания твердых частиц в отходящих продуктах горения развитой поверхностью древесностружчатых отходов производства (ДСО). В качестве ДСО предложено использовать древесные опилки, муку, стружки, щепу, пухонитевидные частицы, принудительно измельченные растительные отходы и др. Второе назначение коагулянта – рациональная утилизация отходов деревообрабатывающего производства путем сжигания и получения дополнительного альтернативного источника теплогенерации. Третье достоинство технологии – подсушка и предварительный подогрев альтернативного топлива перед горением.

На рисунке 2 приведена схема экспериментальной установки и внешний вид модели для проведения экспериментов.

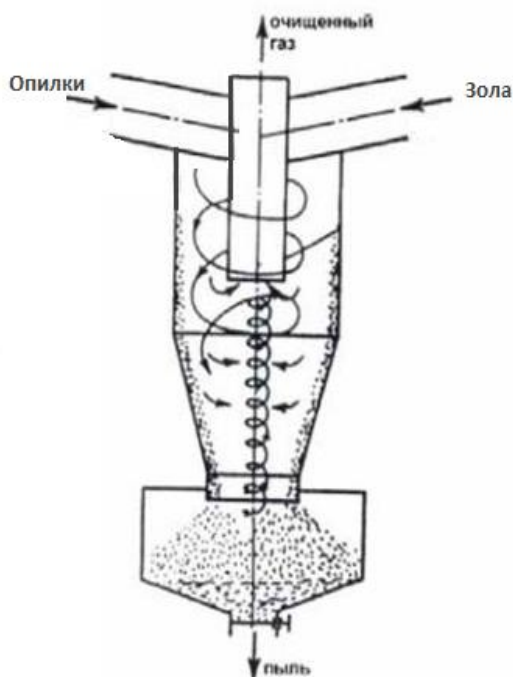


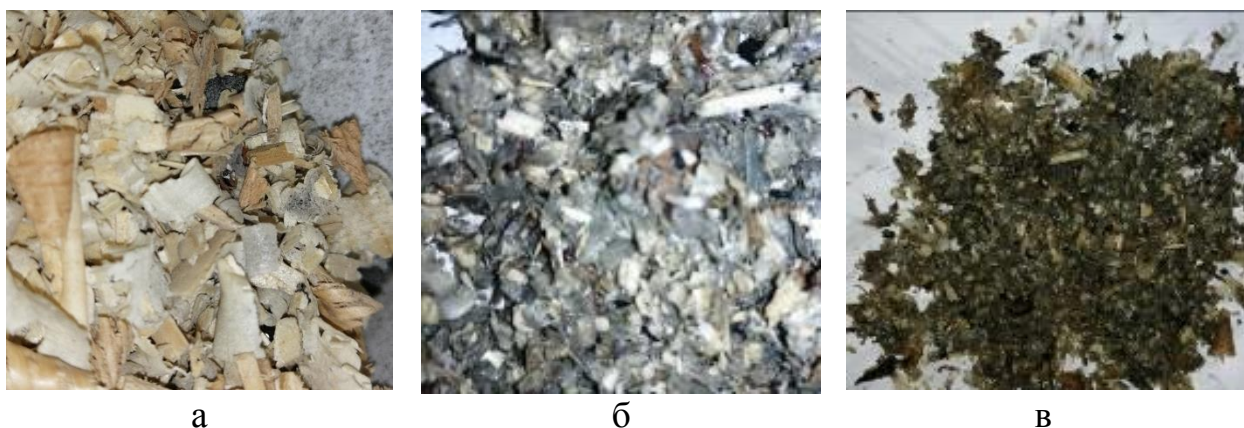
Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки и ее внешний вид

В качестве золы уноса использовали золошлаковые (ЗШО) отходы Кузнецкой ТЭЦ. В таблице 1 приведен фракционный состав ЗШО, используемых в экспериментах для запыления входящего потока газа. Фракционный состав определяли с помощью сит системы «Ротап».

Таблица 1 – Фракционный состав золошлаковых отходов

Вид золы	Фракционный состав ЗШО, %, для размеров частиц, мм				
	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 1,0	1,0 – 2,0	2 – 5
Производственная	30,1	39,2	20,4	6,1	4,2
Бытовая	25,2	44,1	22,3	5,3	3,1

На рисунке 3 показана макроструктура исходных и отработанных в экспериментах материалов. Видно, что после экспериментов частицы твердого коагулянта (сухие и влажные древесные опилки ДОК г. Новокузнецк) насыщаются уловленными золошлаковыми частицами. Цвет опилок меняется от светло-серого (запыленность входящего потока $C = 0,5 - 1,5 \text{ г/м}^3$), до темного (запыленность потока $2 - 5 \text{ г/м}^3$). В основе высокой эффективности пылеулавливания лежит развитая поверхность древесных частиц. Она содержит большое количество нитей, зазубрин, лепестков, пор и пустот различной конфигурации, которые легко улавливают золошлаковые частицы в ходе циклонного процесса.



Древесные опилки: а – перед загрузкой в циклон; б – после завершения циклонного процесса ($C = 0,5 \text{ г/м}^3$); в – после завершения циклонного процесса ($C = 2,5 \text{ г/м}^3$)

Рисунок 3 – Макроструктура древесного коагулянта на различных стадиях циклонного процесса

Этот результат подтверждает качественные данные о повышении эффективности очистки газов в циклоне твердым коагулянтom. Численные результаты экспериментов с использованием в циклонном процессе сухих древесных отходов деревообрабатывающего производства представлены на рисунке 4. Аналогичные эксперименты проведены с увлажненными ($\ddot{W}=20\%$) древесными опилками (рисунок 5). Результаты опытов представлены в виде зависимости эффективности очистки газов от пыли η , %, от расхода древесного коагулянта G , кг/с, и фракционного состава золошлаковых частиц, моделирующих твердые выбросы в запыленном газовом потоке.

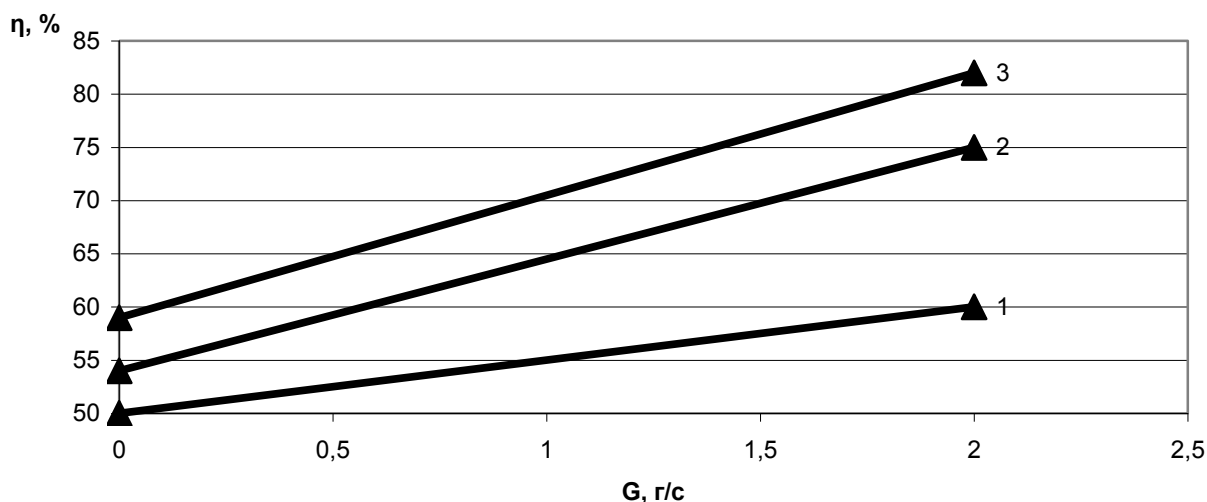


Рисунок 4 – Зависимость эффективности очистки газов от пыли в циклоне пылеуловителе от расхода сухого древесного коагулянта и фракционного состава золошлаковых частиц

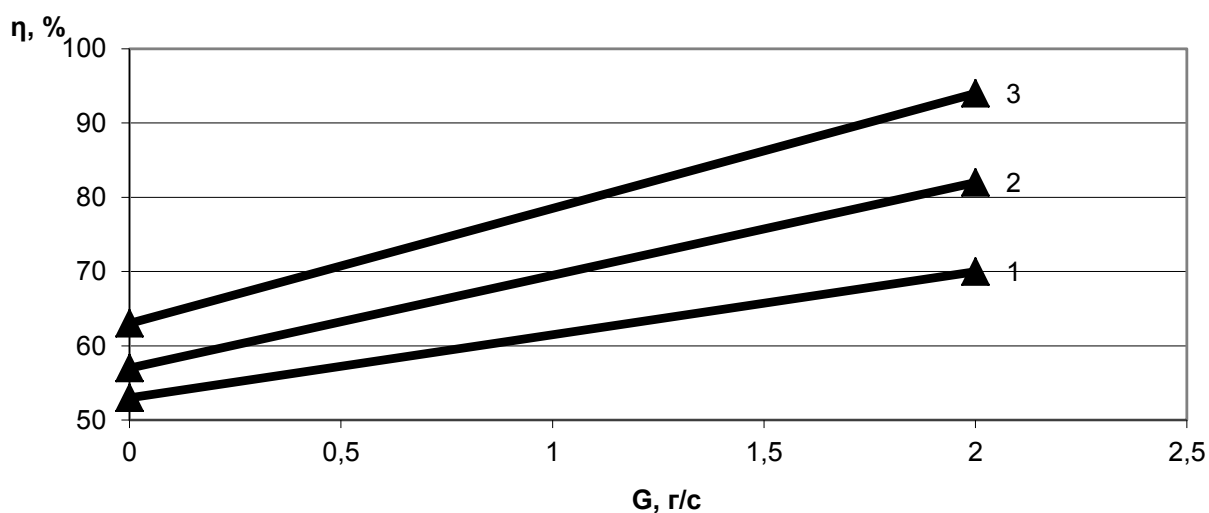


Рисунок 5 – Зависимость эффективности очистки газов от пыли в циклоне пылеуловителе от расхода влажного древесного коагулянта и фракционного состава золошлаковых частиц

Результаты экспериментов показали высокую эффективность применения древесностружчатых отходов производства в качестве коагулянта для повышения степени улавливания частиц пыли в устройстве, интегрированном в систему возврата золы уноса. Использование в циклонном процессе влажных материалов позволяет одновременно организовать подсушку древесных отходов перед сжиганием. При этом показана принципиальная возможность тепловой подготовки ДСО и термической утилизации подобных органических отходов производства в системе возврата золы уноса способом слоевого сжигания топлива.

Библиографический список

1. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – М.: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
2. Патент № 2221649 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ очистки газов от пыли / В.М. Павловец – № 2002135578. Заявл. 26.12.2002; Оpubл. 20.01.2004. Бюл. №2 //Изобретения. Полезные модели. 2004. – № 2.
3. Патент № 2259240 Российская Федерация, МКИ⁸ С22В 1/24. Способ очистки газов от пыли / В.М. Павловец – № 2004134286. Заявл. 24.11.2004; Оpubл. 27.08.2005. Бюл. №24 //Изобретения. Полезные модели. 2005. – № 24.
4. 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.
5. 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.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Лопатина А.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В.М.

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

Проведена оценка использования лома огнеупорных материалов в промышленности. Показана роль огнеупорных отходов в структуре энерго- и ресурсосбережения. Представлены результаты исследования процесса получения неформованных огнеупорных материалов на основе лома сформованных огнеупорных изделий.

Ключевые слова: лом огнеупорных изделий, промышленное производство, неформованные огнеупорные материалы, способы и перспективы использования лома огнеупорных изделий.

Огнеупорные материалы широко используются во всех отраслях техники. Физико-химические и эксплуатационные характеристики огнеупоров непосредственно влияют на уровень таких важных технико-экономических показателей производственных процессов, как их энергоемкость, безопасность, безотходность, экологичность и др. Главное 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, шиберные затворы и т.д.) [1]. Они должны противостоять интенсивным температурным (статического, динамического или циклического характера), механическим и химическим воздействиям со стороны расплавов металлов, шлаков и других химически агрессивных продуктов, участвующих в производственном цикле. Огнеупоры, предназначенные для высокоэффективных футеровок тепловых установок, должны обладать комплексом свойств, отвечающим насущным требованиям производства [2 – 4]. В зависимости от конкретных условий эксплуатации огнеупоры могут обладать как высокой плотностью и низкой пористостью (главным образом, открытого типа), так и, наоборот, высокопористой и низкоплотной 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, которые выполняют роль теплозащиты каркаса агрегата.

Наибольший расход огнеупоров приходится на металлургическое производство, где потребляется более 70 % всей огнеупорной продукции [1, 2]. Из этого количества материалов около 50 – 70 % (по информации разных производителей) 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. В прокатном производстве, оснащенном парком нагревательных и термических печей, 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 (более 50 млн. т в год).

Переработка лома огнеупоров и использование их в производстве позволяет расширить сырьевую базу многих промышленных технологий и решить экологические проблемы в металлургии и теплоэнергетике [1, 2]. Экологическая составляющая технологии рециклинга и требования законодательства по охране окружающей среды обусловлены тем, что значительные объемы лома, золы и шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Золо- и шлакоотвалы при неблагоприятных погодных условиях (повышенная влажность воздуха, туманы, сильные ветры) формируют вторичное загрязнение окружающей среды, отрицательно влияют на здоровье людей и на продуктивность сельскохозяйственных угодий. Поэтому ликвидация ломо-, золо- и шлакоотвалов благоприятно сказывается на экологической обстановке в промышленном регионе.

Основное количество огнеупорного лома образуется на предприятиях черной металлургии и в литейных производствах машиностроительных заводов. Значительное количество огнеупорного лома образуется в устройствах для разлива стали, в сталеразливочных ковшах, которые футеруются в основном алюмосиликатными огнеупорами. При ремонтах воздухонагревателей доменных и коксовых печей образуется лом муллитокремнеземистых, муллитовых, муллитокорундовых и корундовых изделий. Большое количество лома образуется после ремонта многочисленного парка нагревательных и термических печей в машиностроительной и нефтехимической промышленности. На предприятиях фарфоро-фаянсовой, электрокерамической, абразивной промышленности образуется лом карбидкремниевых изделий. В промышленной теплоэнергетике лом огнеупоров представлен преимущественно шамотными и динасовыми изделиями [5, 6]. Внешний вид лома отработанных огнеупоров показан на рисунке 1. Разборка огнеупорной футеровки печей и других тепловых агрегатов на большинстве предприятий производится с применением малой механизации по элементам огнеупорной кладки. Разборка футеровки начинается со свода печи. Перед его обрушением в печь вводят стальные короба, затем свод обрушивают завалочной машиной.



а – стандартные изделия; б – лом отработанных огнеупоров плавильной печи;
в – лом отработанных огнеупоров нагревательной печи

Рисунок 1 – Внешний вид огнеупорных изделий и лома отработанных огнеупоров

После этого короба с отходами кладки вынимают на рабочую площадку, где производится первичная ручная разборка. Затем производится разборка торцевых стен печи. Для удаления отработанной футеровки в шлаковики вводят скрепер-машины, которые подают отработанные огнеупоры и шлак в контейнеры. Далее контейнеры транспортируются на сортировочные площадки. Начальная стадия сортировки изношенной кладки печей происходит непосредственно у самих агрегатов, где производится выборка годного для повторного использования кирпича. Годный лом собирается в контейнеры, которые затем отправляются потребителю. На некоторых крупных металлургических комбинатах действуют установки по механизированной сортировке огнеупорного лома. При разборке огнеупорного лома для извлечения частиц металла, имеющих в нем, используется магнитная сепарация. Схема магнитной сепарации огнеупорного лома показана на рисунке 1.

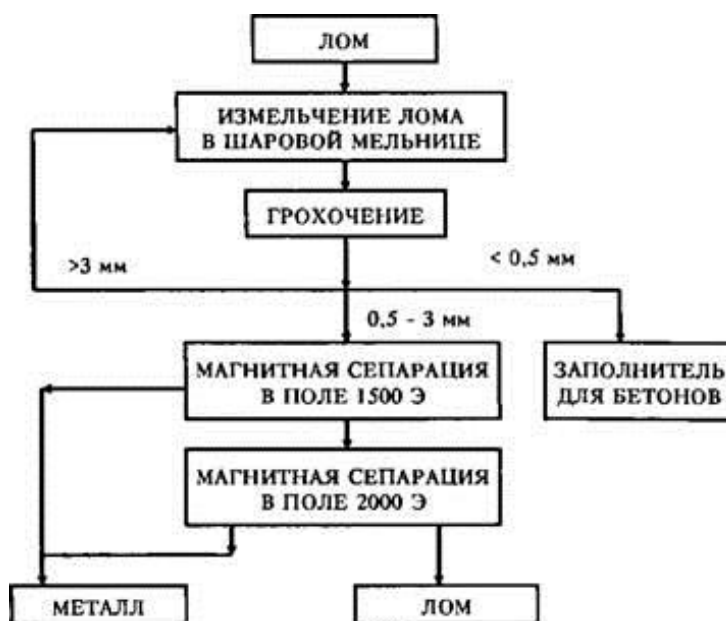


Рисунок 1 – Схема магнитной сепарации огнеупорного лома

Перед магнитной сепарацией материал фракции размером менее 20 мм, оставшийся после ручной сортировки, поступает в шаровые мельницы, работающие в замкнутом цикле с грохотом, где лом измельчается до размера частиц не более 3 мм. Измельченный лом подается на магнитные сепараторы. После сепарации лом либо направляется заказчику, или поступает на дальнейшую переработку. 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.

Лом динасовых изделий применяют в огнеупорной промышленности при изготовлении бетонных и динасовых блоков, а также плит для наружной облицовки зданий. Лом муллитокремнеземистых, муллитовых и муллитокорундовых изделий используют при производстве высокоглиноземистых масс для футеровки разливочных ковшей. Вторичные огнеупорные материалы широко используют на машиностроительных предприятиях и заводах цветной металлургии. Малоизмененные огнеупорные изделия, отобранные при ремонте печей, идут в кладку этих же печей. Повторное использование огнеупорных изделий наиболее 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 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 измененной структурой (оплавленный, с заметной пропиткой оксидами и т.д.).

Складируют отходы огнеупоров в штабели или контейнеры погрузочными средствами (погрузчиками, кранами и т.д.), подают в транспортные средства. Сортировку производят послойно. Каждый отсортированный слой сдвигают бульдозером или рыхлят экскаватором. Оставшиеся мусор, шлак и другие строительные материалы удаляют в отвал. Таким образом, обычные строительные механизмы – бульдозер, погрузчик и экскаватор могут в значительной степени облегчить условия труда выборщиков – сортировщиков и поднять производительность их труда. Простейшим механизмом для сортировки и обогащения лома огнеупоров является ленточный конвейер с шириной ленты 500 – 800 мм, оборудованный приемным бункером с лотковым или пластинчатым питателем. Бункер снабжен решеткой из металлических

уголков 100×100 с размером ячеек 320×420 мм. Огнеупорный лом подается в бункер погрузочными средствами из приемного закрома 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 совершенным 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 потребителям (рисунок 2).



а – огнеупорный щебень; б – отсортированные изделия;
в – металлические включения, извлеченные магнитной сепарацией

Рисунок 2 – Продукты переработки лома огнеупорных материалов

Способом использования отработанных огнеупоров может являться изготовление форм по выплавляемым моделям. Для изготовления оболочковой формы используют следующие огнеупорные материалы: мелкодисперсную основу суспензии, посыпку и опорный материал. Общими требованиями к огнеупорным материалам для оболочковых форм 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), электрокорунд (белый), диоксид циркония стабилизированный, оксид магния (магнезит), шпинель, оксид кальция спеченный. Шамотные огнеупоры проходят многократную термическую обработку и в них происходит муллитизация, которая придает наибольшую термическую стойкость и понижение коэффициента расширения у отработанных огнеупоров. 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 более крупных фракций – размером зерен 1 – 3 мм.

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 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 специально подготовленный лом шамотных огнеупоров в качестве окислителя органических кислот и адсорбента для очистки воды от фенола и нефтепродуктов. Экспериментальным путем определено оптимальное количество 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 в процессах окускования железорудного сырья и дисперсного наполнителя для разного типа неформованных огнеупорных 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.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
2. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.
3. Павловец В.М. Окатыши в технологии экстракции металлов из руд / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 345 с.
4. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.
5. Теплогенерирующие установки / Г.Н. Делягин [и др.]. – Москва: ИД «Бастет», 2010. – 624 с.
6. Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий / Г.Ф. Быстрицкий. – Москва: Академия, 2006. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Радиковская Е. С.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В. М.

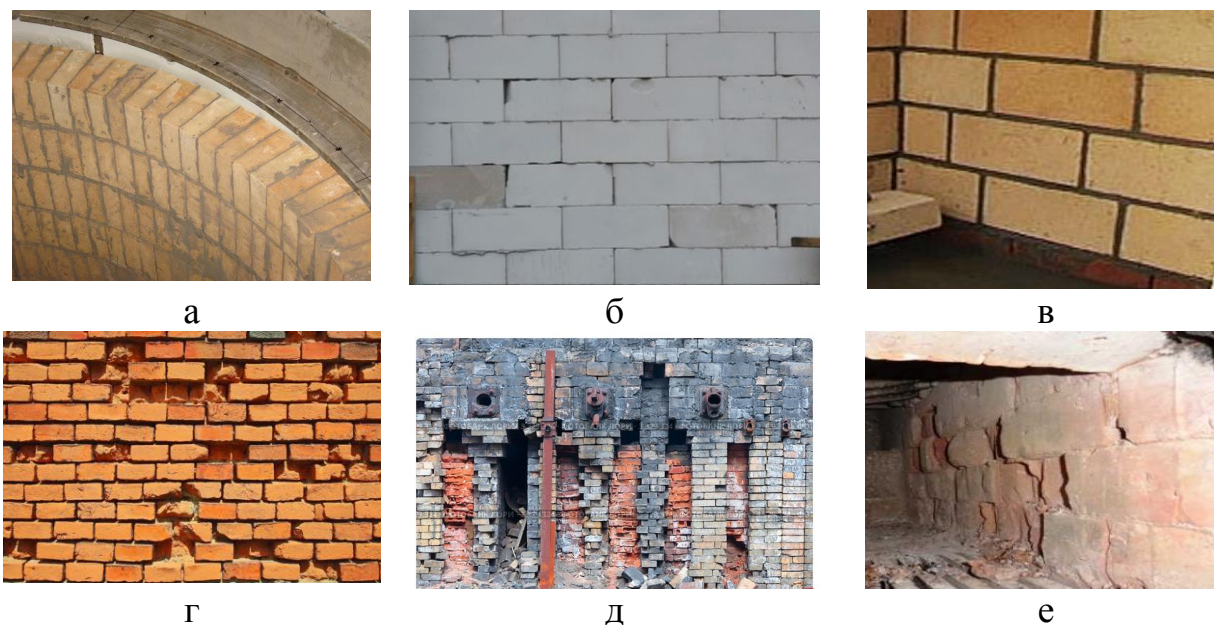
*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: kafedra-tee@yandex.ru*

Проведена оценка использования лома огнеупорных материалов для получения сырьевой смеси в производстве огнеупорной продукции. Показана роль огнеупорных отходов в структуре энерго- и ресурсосбережения промышленных технологий. Представлены результаты исследования процесса получения огнеупорных изделий и неформованных материалов на основе лома отработанной огнеупорной футеровки.

Ключевые слова: лом огнеупорной футеровки, промышленное производство, неформованные и формованные огнеупорные материалы, способы и технологии переработки лома огнеупорных футеровок.

Высокотемпературные тепловые устройства сооружают, используя огнеупорные и теплоизоляционные материалы, строительный кирпич, огнеупорные и строительные бетоны, металлопрокат [1, 2]. Огнеупорные материалы это своеобразные технические посредники, без которых невозможен выпуск металлургической и других видов промышленной продукции. Поэтому с расширением числа промышленных технологий появляется необходимость в производстве новых, более качественных видов огнеупоров, в расширении спектра огнеупорной продукции.

Основными строительными компонентами печей являются огнеупоры – неметаллические материалы, способные выдерживать тепловые, физико-химические воздействия расплавленных металлов, шлаков, агрессивных газов и обладающие огнеупорностью более 1580 °С. Неметаллические материалы, используемые для получения огнеупоров, представлены оксидами, карбидами, нитридами, керметами, боридами, углеродосодержащими и композитными составами. Огнеупоры и теплоизоляторы являются основными элементами огнеупорных и теплозащитных футеровок широкого класса печей и тепловых агрегатов. Основные воздействия, которые должны выдерживать огнеупоры – это термические нагрузки, осложненные физико-химическими явлениями, протекающими на границах огнеупора, со стороны металлов, шлаков и газов. Вся гамма указанных явлений развивается преимущественно в металлургических агрегатах, выплавляющих черные и цветные металлы. Высока нагрузка на огнеупоры в теплоэнергетике, химии, строительной, стекольной промышленности и в других отраслях техники. Внешний вид новых стандартных и отработанных огнеупорных футеровок показан на рисунке 1.



а, б, в – новые; в, г, д – отработанные огнеупорные футеровки

Рисунок 1 – Внешний вид новых и отработанных огнеупорных футеровок

Для производства огнеупорных и теплоизоляционных материалов используют минеральные огнеупорные глины, горные породы и синтетические материалы. Для подготовки этих материалов к формованию и термообработке применяют сложные подготовительные технологии. В их число входит обогащение, обезвоживание, дробление и измельчение, дозирование и смешивание, сушка, обжиг и другие. Для каждого вида огнеупорного сырья используют свой набор подготовительных технологий. Сырьевые смеси для производства огнеупоров содержат огнеупорный наполнитель, связующие материалы, упрочняющие, поро- и структурообразующие, топливные и другие добавки, включая вторичные техногенные заменители первичного сырья.

По стандартам РФ огнеупорными считаются глины, имеющие температуру плавления не ниже 1580 °С, тугоплавкими – от 1350 до 1580 °С и легкоплавкими – менее 1350 °С [1, 2]. Огнеупорные глины делят на пелитовые, алевропелитовые, аренопелитовые и органопелитовые. Среди пелитовых структур различают илистые структуры, когда глинистая порода преимущественно состоит из частиц размерами 0,01–0,001 мм, и гелевые структуры, когда преобладают частицы размером менее 0,001 мм. Пластичные виды глин имеют высокое содержание частиц менее 0,001 мм (60–80 %). По минералогическому составу глины являются полиминеральными породами (каолинит, галлуазит и монотермит). В качестве глинообразующих минералов в ее состав входят: кварц, слюды, гидрослюды, железистые (лимонит, пирит). Известковистые (карбонаты кальция и железа) и органические соединения – в качестве минералов-примесей. Определяющими физико-керамическими свойствами огнеупорных глин являются пластичность и

связность, воздушная и огневая усадка, спекаемость и огнеупорность. Показатели пластичности огнеупорных глин существенно влияют на способ формирования. В частности, пластичные материалы формуют полусухим, гидростатическим и другими методами. Пластические свойства глин проявляются в смеси с водой и с некоторыми другими жидкостями. Эти свойства зависят от ряда факторов: минерального состава, степени дисперсности и формы частиц глины, присутствия в ней электролитов и гумусовых веществ, взаимодействия дисперсной фазы (глинистых частиц) и дисперсионной среды (воды или другой жидкости). Пластические свойства глины снижаются введением отощителей (кварца, шамота и др.). Повышается пластичность глин после длительного вылеживания, тонкого измельчения или при добавлении электролитов. В СНГ основные запасы огнеупорных глин сосредоточены в России (55 %) и на Украине (37 %). По добыче глин первое место принадлежит России (4,56 млн. т, или 52 %), второе – Украине (3,27 млн. т, или 37 %) [2]. Для более рационального использования огнеупорного сырья разработаны новые технические условия на данный вид сырья ТУ 14-8-43-92, в которых выделено пять марок огнеупорных глин: бокситизированные – 3 марки 5, 49, 54 % Al_2O_3) и основные – 2 марки (35 и 40 % Al_2O_3) (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Нормативные показатели глин

Марка	АРБ-54	АРБ-49	АРВ-45	АРО-40	АРО-35
Огнеупорность, °С, не менее	1770	1770	1750	1730	1710
Содержание, %:					
Al_2O_3 , не менее	54	49	45	40	35
Fe_2O_3 , не более	2,5	3,5	2,5	2,5	2,5
TiO_2 , не более	4,5	3,5	3,5	3,5	3,5
минимальное содержание основных минералов:					
Каолинит $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$	40	70	85	95	90
Гиббсит $Al(OH)_3$	60	30	15	5	-
максимальное содержание примесных минералов (сверх 100 %):					
Гетит и лимонит	4	4	4	3	3
Рутил и анатаз	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Кварц и минералы группы кремнезема	3	5	10	10	10

Наряду с огнеупорными глинами для производства шамотных и полукислых изделий применяют каолины. Каолин представляет собой осадочную пелитовую горную породу, главными минералами которой являются каолинит и кварц. По происхождению каолины делятся на первичные, или остаточные, и вторичные, или переотложенные, перенесенные на некоторое рас-

стояние от мест залегания водной или воздушной средой [2].

Доломиты как минеральное сырье представляет собой карбонатную горную породу осадочного происхождения, состоящую из минерала доломита – двойной углекислой соли кальция и магния, соответствующей формуле $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, или $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Теоретический химический состав доломита: 30,4 % CaO 21,7 % MgO, 47,9 % CO_2 , или 54,3 % CaCO_3 и 45,7 % MgCO_3 , массовое соотношение CaO : MgO = 1,39. Примесями являются: кварц, глинистое вещество, кальцит, магнезит, гипс, целестин, оксиды железа, рудные минералы, анкерит, родохрозит, органические вещества, в зависимости от которых доломиты имеют различную окраску. Серый цвет обеспечивается присутствием органического вещества, желтый и бурый – оксидами железа [2].

Для производства магнезиальных огнеупоров применяют магнезиты. В природе периклаз (MgO) встречается редко и промышленных месторождений не образует. Главным видом природного магнезиального сырья для производства магнезиальных огнеупоров является карбонат магния – минерал магнезит MgCO_3 . Теоретический состав MgCO_3 : 47,81 % MgO и 52,19 % CO_2 . Магнезиальные материалы и огнеупорные изделия на основе периклаза занимают ведущее место в структуре сырья благодаря высокой температуре плавления (выше 2800 °C) и другим потребительскими свойствам.

Форстеритовые огнеупорные изделия получили свое название по названию минерала, который образуется в процессе обжига магнезиально-силикатных пород с добавками каустического или спекшегося магнезита. Группу магнезиально-силикатного, или форстеритового, сырья составляют горные породы: оливиниты, дуниты, серпентиниты, тальк и талькомагнезиты. В зависимости от используемого сырья различаются оливинитовые, дунитовые, серпентинитовые и форстеритовые огнеупоры. На практике пользуются некоторым условным разделением этих пород по содержанию в них оливина $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$, минерала, представляющего собой изоморфную смесь форстерита Mg_2SiO_4 и фаялита Fe_2SiO_4 .

Для производства хромсодержащих огнеупорных изделий используют хромитовые руды или хромистые железняки. Хромитом называют как минерал, так и горную породу (руду), содержащую большое количество этого минерала и сравнительно мало распространенную в природе [2].

Хромит структурно входит в группу хромшпинелидов, встречающихся в идентичных природных условиях и по внешним признакам практически не отличающихся друг от друга. Группу хром-шпинелидов составляют собственно хромит FeCr_2O_4 , магнохромит $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$, алюмохромит $\text{Fe}(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$ и хромпикотит $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$. В промышленной практике использования хромшпинелидов они называются хромитовыми рудами, хромистыми железняками или просто хромитами.

В огнеупорной промышленности широко применяют углеродсодержащие минералы. К ним относят уголь, кокс, графит и некоторые другие.

Графит применяют как один из видов углеродсодержащего сырья для изготовления изделий, предназначенных для выплавки и разлива металлов (тигли, пробки, стаканы, стопорные трубки и т.д.). Кроме углерода в составе графита часто присутствует зола, состоящая из различных оксидов (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , MgO , CaO , P_2O_5 , CuO и др.), иногда битумы, вода, водород и другие газы. Содержание углерода не превышает 60-80 %, летучих 0,7-7 %, зольность 2-25 %. Различают три разновидности графита: явнокристаллическую, или собственно графит, скрытокристаллическую, или графитит, и аморфную разновидность – шунгит.

В последние годы в качестве сырьевой основы или ее частичной замены для производства огнеупорной продукции используют отходы промышленности, имеющие огнеупорную основу, и лом огнеупорных футеровок. Их применение позволяет снизить затраты на производство огнеупорной продукции и уменьшить ее себестоимость.

Решение проблемы отработанных футеровок имеет два направления. Первое направление ориентировано на восстановление изношенной части футеровок печей путем использования торкрет технологий. Торкрет-массы подразделяют на: шамотные и высокоглиноземистые (для ремонта футеровок ковшей, шахт доменных печей), известковопериклазовые и известковые с углеродными добавками (для факельного торкретирования кислородных конвертеров), периклазовые и периклазохромитовые (для торкретирования печей, миксеров, ковшей, плавильных агрегатов), кремнеземистые (коксовых печей) и др. Торкрет-масса – неформованные порошкообразные (зернистостью от $< 0,1$ до 3 – 5 мм) сыпучие материалы для нанесения покрытий или выполнения футеровок с помощью торкрет-машины.

Внешний вид и техника нанесения торкрет-слоя на футеровку тепловых объектов показаны на рисунке 2.



а – стена печи; б – фундамент печи; в – дымовая труба

Рисунок 2 – Внешний вид и техника нанесения торкрет-слоя на футеровку тепловых объектов

Свойства сырьевых материалов и торкрет-слоя для факельного торкретирования различных агрегатов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Свойства сырьевых материалов и торкрет-слоя для факельного торкретирования различных агрегатов

Показатели	Кок- совые печи	Вакуу- маторы РН, ДН	Конвертеры		Доменные воздухона- греватели	Сталеразли- вочные ков- ши
			углеро- дистая сталь	нержа- вующая сталь		
Порошок						
Массовая доля, %:						
SiO ₂	95,5	–	8,0	1,7	33,5	–
AlO ₃	–	48,6	2,1	73,4	61,8	48,6
CaO	1,8	–	8,7	0,3	–	–
MgO	–	49,8	79,7	10,1	–	49,6
Размер, мкм	210+1	210+10	210+10	210+10	210+10	210+10
Налипае- мость, %	0	80-90	80-90	80-90	80-90	80-90
	80-90					
Торкрет-слой						
Кажущая- ся плот- ность, г/см ³	1,90	3,57	3,42	3,47	2,77	3,57
Пори- стость (откр.), %	7,2	7,8	8,4	9,8	3,0	7,8
Проч- ность, МПа	122	172	256	339	291	172

Второй путь решения проблемы утилизации отработанных футеровок - переработка изношенных участков футеровки тепловых агрегатов и создание из лома огнеупоров сырьевых смесей для получения новых огнеупорных изделий и торкрет-масс.

Целью настоящей работы является изучение возможности получения сырьевой смеси для производства огнеупорных материалов из отходов лома огнеупорной футеровки и использования ее для торкретирования футеровок тепловых агрегатов.

В качестве опытного материала в экспериментах применяли лом шамотных изделий огнеупорной футеровки нагревательной печи. Характеристика шамотных изделий и некоторых типов стандартных огнеупорных изделий, применяемых для сооружения футеровок, приведена в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Классификация и свойства легковесных огнеупоров

Марка огнеупора	Кажущаяся плотность, г/см ³	Температура эксплуатации, °С,	Прочность на сжатие, МПа	Теплопроводность при 600 °С, Вт/(м·К)	Дополнительная усадка, % (температура, °С)
Шамотные и полукислые					
ШЛА-1,3	1,3	1400	4,5	0,70	1,0 (1400)
ШКЛ-1,3	1,3	1400	3,5	0,60	1,0 (1400)
ШЛ-1,3	1,3	1300	3,5	0,70	1,0 (1300)
ШКЛ-1,0	1,0	1400	2,5	0,50	1,0 (1400)
ШЛ-1 0	1,0	1300	3,0	0 60	1,0 (1300)
ШЛ-0,9	0,9	1270	2,5	0,50	1,0 (1270)
ШТЛ-0,6*	0,6	1150	2,5	0,30	0,7 (1150)
ШЛ-0,4	0,4	1150	1,0	0,25	1,0 (1150)
ШЛ-0,4	0,4	1150	1,0	0,25	1,0 (1150)
Муллитокремнеземистые					
МКРЛ-1,0	1,0	1450	3,0	0,60	1,0 (1450)
МКРЛ-0,8	0,8	1250	2,5	0,40	1,0 (1250)
МКРЛ-0,8*	0,8	1300	2,5	0,40	1,0 (1300)
МКРЛ-0,7	0,7	1500	3,0	0,40	1,0 (1500)
МКРЛ-0,5	0,5	1300	1,5	0,30	1,0 (1300)
Муллитовые					
МЛЛ-1,3	1,3	1550	3,0	0,60	1,0 (1550)
Корундовые					
КЛ-1,8	1,8	1550	3,0	0,90	1,0 (1550)
К Л-1,3*	1,3	1550	3,5	0,80	0,8 (1550)
КЛ-1,1	1,1	1550	2,5	0,55	1,0 (1550)
Диначовые					
ДЛ-1,2	1,2	1550	4,5	0,70	1,0 (1550)
ДЛЛ-1,2	1,2	1550	4,5	0,70	1,0 (1550)
* Высшей категории качества.					

На первом этапе работы выполнили дробление огнеупорных изделий на щековой дробилке. После чего сыпучий материал рассевали на лабораторных ситах по фракциям: +2,5 мм; 1,0 – 2,5 мм; 0,2 – 1,0 мм; 0,1 – 0,2 мм; 0,063 – 0,1 мм; 0 – 0,063 мм. После отсева частиц на фракции проводили взвешивание материалов и дозирование их в количестве 50×50 % к стандартной торкрет-массе, используемой на АО «ЕВРАЗ ЗСМК». Сырьевая смесь содержала связующее и добавки шамотного порошка определенного фракционного состава. В качестве связки использовали 50 % раствор жидкого стекла. После перемешивания и усреднения массы ее напыляли методом

полусухого торкретирования на поверхность огнеупорных изделий. После экспериментов определяли коэффициент напыления торкрет-массы и плотность торкрет-слоя по методике, описанной в источнике [3]. Результаты исследований приведены на рисунке 3.

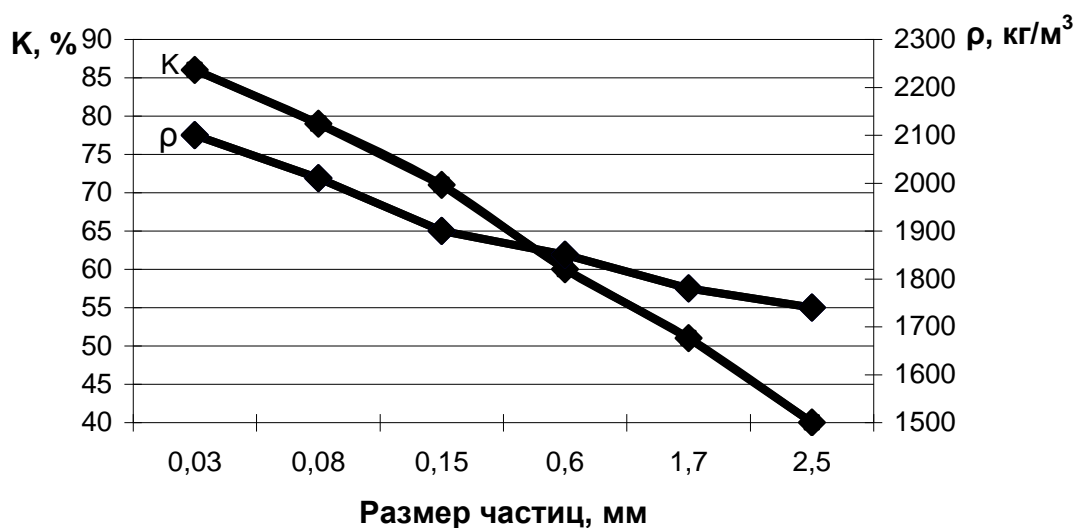


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента напыления торкрет-массы и плотности торкрет-слоя от размера частиц шамотной крошки, содержащейся в огнеупорной торкрет-массе

Установили, что добавки частиц шамотной крошки с размером частиц менее 0,1 мм не ухудшают геометрических характеристик торкрет-слоя (диаметр, толщину). Практически все добавки частиц шамотной крошки этой фракции существенно увеличивают коэффициент напыления массы – K, % на поверхности изделия до 86 % и формируют торкрет-слой с плотностью – ρ, кг/м³, достаточной для торкретирования футеровок низкотемпературных нагревательных печей. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать технологии рециклинга огнеупорных футеровок для получения мертелей, заполнителей, уплотнительных смесей, теплоизоляционных засыпок, торкрет-смесей, подварочных масс и огнезащитных покрытий в металлургической и строительной промышленности.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
2. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2010. – 211 с.
3. Павловец В.М. Развитие техники и технологии окомкования железорудного сырья в металлургии / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 386 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОГНЕУПОРНОЙ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ОБМУРОВКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТЭЦ

Блесков Д.И.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Павловец В. М.

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

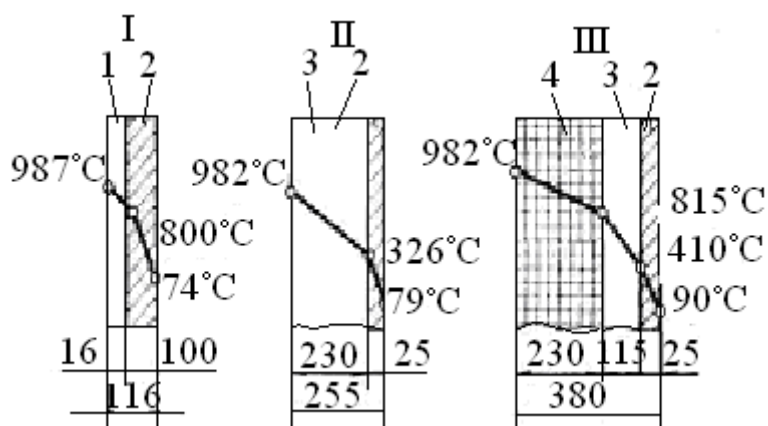
Представлен порядок расчета огнеупорной и теплоизоляционной обмуровки парогенератора ТЭЦ. Разработана методика расчета обмуровки парогенератора, используемая в учебном процессе. Приведены характеристики современных огнеупорных и теплоизоляционных материалов, применяемых в энергосберегающей конструкции обмуровки. Представлены результаты расчетов элементов обмуровки.

Ключевые слова: огнеупорная и теплоизоляционная обмуровка парогенератора ТЭЦ, порядок расчета обмуровки, характеристики обмуровки.

Огнеупорная и теплоизоляционная обмуровка парогенераторов ТЭЦ и целого ряда теплотехнических агрегатов предназначена для снижения тепловых потерь теплопроводностью в окружающую среду [1, 2]. Одновременно с этим внутренний слой огнеупорной обмуровки участвует в сложном теплообмене между топочными газами и кладкой теплового устройства и формирует определенный температурный режим теплового агрегата. При этом монолитная обмуровка теплового устройства придает всей конструкции агрегата строительную прочность и повышает его надежность. Роль огнеупоров для энергосберегающих технологий в энергетике исключительно высока, так как рациональное применение огнеупоров и теплоизоляционных материалов в совокупности с рекуперацией тепла может дать до 10 – 15 % экономии топлива. Существуют несколько основных разновидностей обмуровки парогенератора: тяжелая, облегченная и легкая. Первый вид футеровки применяется крайне редко. Легкая обмуровка представлена армированными теплоизоляционными матрацами и плитами, подвешенными специальными держателями к каркасу. Теплотехнические преимущества этой обмуровки показаны на рисунке 1. Техничко-экономическая эффективность теплоизоляционных волокнистых материалов, применяемых в футеровке агрегатов, заключается в следующем: использование каолиновой ваты позволяет снизить массу агрегатов в 9 – 12 раз, уменьшить количество тепла, аккумулированного кладкой, в 10 – 11 раз, сократить общий расход топлива в агрегатах непрерывного действия на 10 – 15 %, а в тепловых устройствах периодического действия – на 45 % [1, 2].

Практика использования подобной обмуровки в теплоэнергетике показала ее высокую эффективность для котлоагрегатов малой и средней тепло-

вой мощности, в которых обслуживание и эксплуатация обмуровки не представляет трудностей



1 – каолиновая вата; 2 – минеральная вата; 3 – легковесные огнеупорные изделия; 4 – плотные огнеупорные изделия (пористость 20 %)

Рисунок 1 – Сравнение теплотехнических характеристик футеровок различных конструкций при одинаковых температурных градиентах

. Для парогенераторов большой тепловой мощности этот тип обмуровки применяется достаточно редко в силу трудностей обслуживания и отсутствия достоверных данных о ее эксплуатационной надежности. Чаще всего для агрегатов любой мощности применяется комбинированный тип обмуровки, состоящей из плотных шамотных изделий, из которых выкладывается внутренний рабочий слой, и наружного слоя тепловой изоляции, представленной теплоизоляционными блоками из каолиновой ваты. Технико-экономические характеристики шамотных изделий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики шамотных изделий (марка ША – 5)

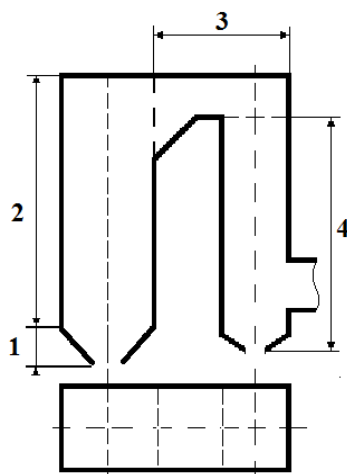
Показатель	Значение
Коэффициент теплопроводности, Вт/м · °С	$0,72 + 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot t$
Плотность, кг/м ³	1700-1900
Огнеупорность, °С	1600-1800
Максимальная температура применения, °С	130-1400
Марка прочности	75-250
Марка морозостойкости	15-50
Пористость %	22-25
Стоимость, руб/шт.	30-50

Производят шамотный кирпич ША-5 на Сухоложском огнеупорном заводе (г. Сухой лог, Свердловская обл.), Богдановичском ОАО «Огнеупоры» (г. Богданович), АО «Новомосковскогнеупор» и на других предприятиях огнеупорной промышленности.

Список теплоизоляционных изделий, используемых в теплотехнике и теплоэнергетике, достаточно обширен [1, 2]. Наиболее распространены мул-

литокремнеземистые изделия марок МКРВ, МКРВХ, МКРФ, МКРПХ, МКРК, МКРИ в виде плит, картона, фетра с кажущейся плотностью 250, 300, 350, 400, 450 кг/м³. Размеры плит 600,700×400, 500 мм толщиной 30, 40, 50, 60 мм. Максимальная температура применения неармированных теплоизоляционных изделий не превышает 1150 °С.

Методика расчета огнеупорной и теплоизоляционной обмуровки заключается в определении толщины огнеупорного и теплоизоляционного слоев обмуровки парогенератора, обеспечивающих нормативные потери теплоты теплопроводностью через наружную поверхность агрегата. На первом этапе расчета рабочее пространство парогенератора условно делят на укрупненные тепловые зоны, показанные на рисунке 2.



1 – холодная воронка (шлакосборник), 2 – топочное пространство,
3 – горизонтальный газоход, 4 – нисходящий газоход для установки теплообменников

Рисунок 2 – Схема разделения рабочего пространства котлоагрегата на условные тепловые зоны

Для повышения точности расчетов количество тепловых зон можно увеличить в два раза. Холодная воронка и нисходящий газоход теплоизолированы теплозащитными плитами толщиной 100 – 150 мм. Топочное пространство и горизонтальный газоход имеют двухслойную футеровку, состоящую из слоя шамотных изделий ША-5 и нескольких слоев теплоизоляционных плит МКРП-340 толщиной 50 мм. Выражение, по которому вычисляют удельные тепловые потери $q_{\text{тп}}$, Вт/м², через 1 м² боковой наружной поверхности обмуровки парогенератора из топочного пространстве и горизонтального газохода, представлено ниже:

$$q_{\text{тп}} = (\Delta t) / (R_{\text{ог}} + n \cdot R_{\text{ти}}),$$

где Δt – разность температур между внутренней и наружной поверхностью обмуровки, °С;

$R_{\text{ог}}$, $R_{\text{ти}}$ – тепловые сопротивления слоя огнеупоров и тепловой изоляции, (м² · °С)/ Вт;

n – количество слоев тепловой изоляции.

Ниже представлены результаты расчетов удельных тепловых потерь для топочного пространства парогенератора. Расчет выполняли для теплоизоляционных плит трех разных производителей: ЗАО «КЭМП» ($\lambda_{\text{ти}} = 0,23$ Вт/м·К); завода «Изолит» (г. Новокузнецк) ($\lambda_{\text{ти}} = 0,33$ Вт/м·К) и ООО «СМ-РОСТ»), ($\lambda_{\text{ти}} = 0,41$ Вт/м·К). Толщина слоя огнеупоров ($\delta_{\text{ог}} = 0,23$ м) и выражение для вычисления коэффициента теплопроводности ($\lambda_{\text{ог}} = 0,72 + 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot t$) в расчете были неизменными. В расчете не учитывали тепловое сопротивление металлического кожуха агрегата и воздушные зазоры между слоями, которые в общем случае снижают тепловые потери. Разности температур между внутренней и наружной поверхностью обмуровки по каждой зоне вычисляли на основе справочных данных. Учитывали, что сводовые подвесные огнеупорные изделия горизонтального газохода имеют стандартные габаритные размеры. Тепловая изоляция на своде располагалась между блоками индивидуальной подвески. Результаты расчета в виде зависимости $q_{\text{ти}}$ от $\delta_{\text{из}}$ представлены на рисунке 3.

Далее аналогичный расчет выполняется для всех тепловых зон парогенератора и строится соответствующий график зависимости удельных тепловых потерь через обмуровку котлоагрегата от толщины слоя тепловой изоляции. После этого вычисляются тепловые потери $Q_{\text{ти}}$, Вт, по всей теплопередающей поверхности F , м^2 , соответствующей зоны парогенератора:

$$Q_{\text{ти}} = q_{\text{ти}} \cdot F,$$

При расчете теплопередающей поверхности F следует учесть наличие в обмуровке различного рода технологических отверстий (ТСУ, КИП и А, загрузочных амбразур, водоводов и др.), через которые не осуществляется теплопередача. Также в расчете следует учесть эксплуатационное увеличение тепловых потерь теплопроводностью с помощью коэффициента запаса в пределах 5 – 10 %.

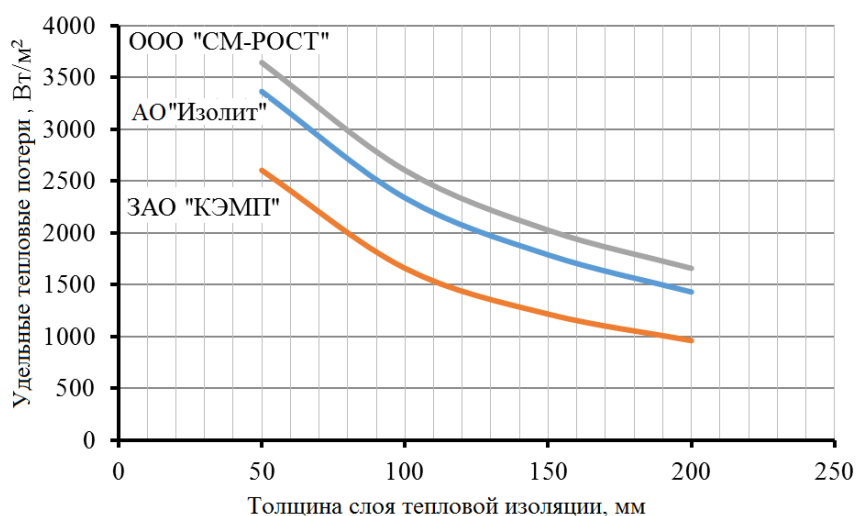


Рисунок 3 – Зависимости удельных тепловых потерь через обмуровку котлоагрегата от толщины слоя тепловой изоляции

После этого вычисляются суммарные тепловые потери по всей теплопередающей поверхности котлоагрегата $\Sigma Q_{\text{тп}}$ и сравниваются с нормативным соотношением:

$$\Sigma Q_{\text{тп}} < (0,02 - 0,03) \cdot M,$$

где: M – номинальная тепловая мощность котлоагрегата, МВт;

Если суммарные тепловые потери через поверхность обмуровки составляют менее 3 % от номинальной тепловой мощности котлоагрегата, то считают, что подобранная тепловая изоляция соответствующей толщины с заданными теплофизическими характеристиками дает желаемый результат и обеспечивает минимизацию тепловых потерь теплопроводностью. В противном случае следует либо увеличить толщину тепловой изоляции, либо подобрать тепловую изоляцию с более низким коэффициентом теплопроводности. На последующем этапе расчетов проводится расчет эксплуатационной надежности обмуровки, позволяющий определить количество разгрузочных балок, заглубляемых в конструкцию огнеупорной обмуровки для повышения ее строительной прочности. Заключительный экономический расчет показывает экономическую эффективность расчетов обмуровки.

Библиографический список

1. Павловец В.М. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – 334 с.
2. Павловец В.М. Расширение функциональных возможностей агрегатов для подготовки железорудного сырья к металлургической плавке / В.М. Павловец. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – 373 с.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сорокин В.Ю.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Вендин С.В.

Белгородский государственный аграрный университет

имени В.Я. Горина,

г. Белгород, e-mail: elaprk@mail.ru

В статье приведен анализ проблем и обзор мероприятий по повышению эффективности применения альтернативных источников электроэнергии в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, ветроэнергетика, солнечные электростанции, аккумуляторные батареи, устройства зарядки.

Известно, что основная часть электроэнергии в наше время вырабатывается с помощью трех основных типов электростанций: атомной, тепловой и гидравлической [1]. Доля всех альтернативных источников энергии (АИЭ) составляет около двух процентов. Несмотря на это, в мире развивается и распространяется нетрадиционная энергетика. В современном мире возобновляемые, экологически чистые ресурсы используются в качестве альтернативных источников энергии, впоследствии преобразуя их в электрическую и тепловую энергию, используемую человечеством для различных нужд. Основными источниками альтернативной энергии являются: солнечная и ветровая энергия, потоки воды в реках и морях, тепло, которое можно получить с поверхности земли [2-3], а также различные виды биологического топлива, производство которого связано с жизнью животных и растений [4-7]. При этом следует заметить, что эффективность использования альтернативных источников энергии для получения электрической энергии обусловлена не только коэффициентом полезного действия при преобразовании АИЭ в электрическую, но и требованиями к качеству получаемой электроэнергии [8-9]. Ниже приведен анализ проблем и обзор мероприятий по повышению эффективности применения альтернативных источников электроэнергии в сельском хозяйстве.

Одним из направлений альтернативной энергетики является ветроэнергетика. В последние годы ветроэнергетика начала стремительно развиваться. Это связано с тем, что энергия ветра неисчерпаема, а преобразование кинетической энергии ветра в электрическую является экологически чистым процессом. Кроме того, важно, что некоторые страны не располагают достаточными энергетическими ресурсами для удовлетворения собственных энергетических потребностей, поэтому они зависят от импорта электроэнергии, а политическая нестабильность и вооруженные конфликты в странах-поставщиках создают риски для стран-импортеров. Эти факторы являются движущей силой развития ветроэнергетики. Сейчас для строительства ветроэлектростанций используются дешевые и эффективные материалы, а мощность электроустановок увеличивается, что снижает затраты и повышает конкурентоспособность. Электрическая система ветроэлектростанции состоит в первую очередь из ротора с лопастями, которые преобразуют кинетическую энергию ветра во вращательную, затем идет редуктор, задачей которого является увеличение частоты вращения вала, затем следует генератор, который преобразует полученную энергию в электрическую. Электрическая установка также включает в себя: флюгер и анемометр, задачей которых является сбор информации о ветре, а также корректировка положения лопастей в направлении максимальной силы ветра; башню, которая необходима для подъема ветрогенератора на достаточную высоту; трансформатор, преобразующий напряжение. Существует четыре типа ветроэлектростанций, которые в основном базируются на их местоположении: прибрежные, наземные, плавучие и оффшорные [2-3]. Прибрежные расположены вблизи береговой

линии, такое расположение обусловлено бризами, которые придают определенное постоянство ветровому потоку. Наземные животные встречаются на возвышенностях, наиболее распространенный тип. Оффшорные строятся в море, где постоянно дуют морские ветры. Плавающий, расположенный примерно на том же расстоянии от берега, что и оффшорный, но на плавучей платформе. Отметим теперь преимущества ветроэнергетических установок. Первое-это, конечно, неисчерпаемые ресурсы, на которых работает установка, второе-чистота вырабатываемой энергии, отсутствие парникового эффекта, отсутствие вредных выбросов, третье-небольшая площадь, занимаемая установкой, так как она поднята на достаточное расстояние от Земли, четвертое-низкая стоимость вырабатываемой энергии и пятое-возможность установки электрической системы в любых местах, где дует ветер. Основным недостатком ветроустановок является то, что сила ветра и его направление меняются, бывает также, что ветра нет вообще, что вызывает сбой в электроснабжении. Чтобы компенсировать этот недостаток, используют системы хранения большой емкости или комбинированную ветродизельную систему, которые имеют специальные устройства, распределяющие нагрузки между ветроэнергетической установкой и дизельным двигателем. Второй недостаток заключается в том, что начальный этап строительства станции требует достаточно больших материальных вложений. Иногда я привлекаю инвестиции из целого региона. К последним недостаткам относятся не столь существенные недостатки, такие как нарушение естественного облика ландшафта, шум, создаваемый станцией, который может причинить неудобства людям, но это решается установкой электростанции на определенном расстоянии от жилья. И последнее - это малая вероятность столкновения птиц с лопастями ветряной мельницы. Эффективность преобразования механической энергии в электрическую в электрогенераторе обычно составляет 95 %, а потери электрической энергии при передаче не превышают 10 %. Ветрогенератор можно использовать в качестве источника электроэнергии только в тех районах, где есть ветер. Для преодоления проблем, связанных с эксплуатацией ветрогенераторов, используются различные конструкторские и технологические решения.

Преобразование солнечной энергии в электрическую с помощью солнечных панелей основано на фотоэлектрических преобразователях энергии от солнца [2]. Основными преимуществами солнечных преобразователей являются простота конструкции, удобство монтажа, обслуживание панелей не требует больших усилий, а также повышенная ресурсоемкость. Установка солнечных панелей не требует большого дополнительного пространства, главное-это доступ солнечного света и отсутствие затенения. Ресурс панелей достигает десятков лет, что делает их очень популярными. Однако панели, преобразующие солнечную энергию, имеют ряд недостатков: высокую чувствительность к загрязнению поверхности панелей. Чтобы уменьшить воздействие загрязнений, панели следует устанавливать под углом 45 градусов

так, чтобы снег или дождь очистили их. Чрезмерный нагрев панели не допускается - когда температура поверхности батареи достигнет 120 – 125 градусов Цельсия, вполне вероятно, что солнечная панель будет вынуждена прекратить работу из-за превышения предельно допустимых пределов рабочей температуры. В этом случае необходимо иметь специальную систему для последующего охлаждения аккумуляторов. Высокая стоимость - стоимость приобретения и установки солнечных преобразователей относительно традиционных источников энергии достаточно высока, но при достаточно длительном сроке службы и благоприятных погодных условиях возможно практически полное возмещение этих затрат.

Солнечные и ветряные электростанции могут использоваться как самостоятельные (автономные), так и резервные источники энергии. Когда происходит сбой или аварийное отключение электроэнергии от стационарной электросети, то система с резервным источником питания обеспечивает потребности электроприборов в доме до тех пор, пока не будет восстановлен основной источник питания. Основное назначение современных резервных источников питания - обеспечить постоянный доступ к электричеству, даже если есть проблемы с основным источником электроэнергии. Резервные источники бесперебойного питания выполняют следующие функции: мониторинг электросети; фильтрация скачков напряжения; заряженная батарея.

Распространенной проблемой с солнечными и ветровыми источниками энергии является полная зарядка аккумулятора в неблагоприятных погодных условиях. Поэтому, когда значения системы электроснабжения имеют критические параметры или электричества нет вообще, автоматика подключает инвертор, который берет ток от аккумулятора. Инвертор используется для преобразования постоянного тока в переменный. Основным источником постоянного тока с заданным напряжением 12 вольт является аккумуляторная батарея. Для подзарядки аккумулятора используются различные конструктивные и технологические решения. Батареи, которые со временем разряжаются, можно заряжать с помощью зарядного устройства, подключенного к другому генератору или городской сети. Более современным решением является зарядка аккумулятора от альтернативных источников энергии. Поэтому используются гибридные схемы солнечно-ветровых или ветро-солнечных автономных электростанций [2-3].

Выводы. Проведенный анализ показывает, что для повышения эффективности электростанций на основе альтернативных источников энергии необходимо иметь возможность заряжать аккумулятор от нескольких источников. При этом, необходимо разработать схемотехнические решения, обеспечивающие качественную зарядку (подзарядку) с учетом изменений внешних погодных условий, т. е. использовать схемы, позволяющие заряжать несколько аккумуляторов от разных источников и работать через инвертор в общую сеть.

Библиографический список

1. Нестеров А.М. Обзор возможности строительства ВЛ 35 кВ в габаритах ВЛ 10 кВ в Белгородской области /А.М. Нестеров, С.В. Вендин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. № 6. С.200-203.
2. Пахомов, А.Ю. Альтернативные источники электроэнергии /А.Ю. Пахомов, Д.Г. Козлов // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 64-й научной студенческой конференции (9-25 апреля 2012 г., г. Воронеж). – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2013. С. 46-51.
3. Шопинский, С. Н., Вендин С. В. проблемы и перспективы использования ветроэнергетических установок в районах со слабыми ветрами / С.Н. Шопинский, С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (9). С. 16-20.
4. Вендин, С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. №4 (74). С.55-60.
5. Вендин, С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. 2016. №7. С. 20-22.
6. Vendin, S.V. Calculation of the power value of additional heat sources for a cylindrical biogas reactor /Vendin S.V., Mamontov A.Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. С. 012119.
7. Вендин, С.В. К выбору теплоизоляции для корпуса биогазового реактора с учетом дополнительного подогрева сырья /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Ю.Н. Ульянов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. №2(26). С. 16-26.
8. Вендин С.В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 2 (18). С. 3-19.
9. Вендин С.В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Соловьёв, С.В. Килин // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 3 (32). С. 18-25.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДКОЙ АККУМУЛЯТОРОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Половнев Г.К.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Вендин С.В.

*Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина, Белгород, e-mail: elapk@mail.ru*

В статье приведена обобщенная структурная схема системы управления зарядкой аккумуляторов с использованием альтернативных электроснабжения, ее составляющие и режимы работы.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, аккумуляторные батареи, устройства зарядки, структурная схема, система управления.

На фоне общего энергетического кризиса актуальным является вопрос перехода от традиционных источников энергии к новым, альтернативным, которые экологически менее опасные. Прежде всего это энергия Солнца, ветровая энергетика, теплота земли и биотопливо [1-7]. Проблема альтернативных источников энергии особенно актуальна на фоне заявлений о том, что запасы нефти, газа будут исчерпаны через 30-50 лет, угля - через 200-300 лет. Альтернативную энергию можно использовать по прямому назначению, но наиболее распространенным способом ее применения является получение электрической энергии. Важно отметить также, что эффективность использования альтернативных источников энергии для получения электрической энергии определяется многими факторами, из которых следует выделить коэффициент полезного действия при преобразовании АИЭ в электрическую и требованиями к качеству получаемой электроэнергии [8-9]. В тоже время практика показывает, что использование одного источника альтернативной энергии для получения электрической энергии не эффективно. Получать энергию с помощью солнца мы не можем круглосуточно, для выработки энергии от ветра требуется непрерывный поток ветра и т.д., также существует проблема интеллектуального подключения/отключения источников питания (распределение заряда) к потребителям. Простых и надежных технических решений для управления различными альтернативными источниками электрической энергии в настоящее время очень мало, именно поэтому разработка системы управления зарядкой аккумуляторов с использованием возобновляемых источников энергии имеет практическую значимость. Ниже предлагается структурная схема системы управления зарядкой аккумуляторов с использованием альтернативных электроснабжения, ее составляющие и режимы работы.

Для создания данной системы необходимо понять, как она будет

функционировать и с помощью каких элементов. Ниже представлена разработанная обобщенная структурная схема системы управления зарядкой аккумуляторов с использованием возобновляемых источников энергии (рисунок 1), а также назначение и требования к основным элементам схемы.

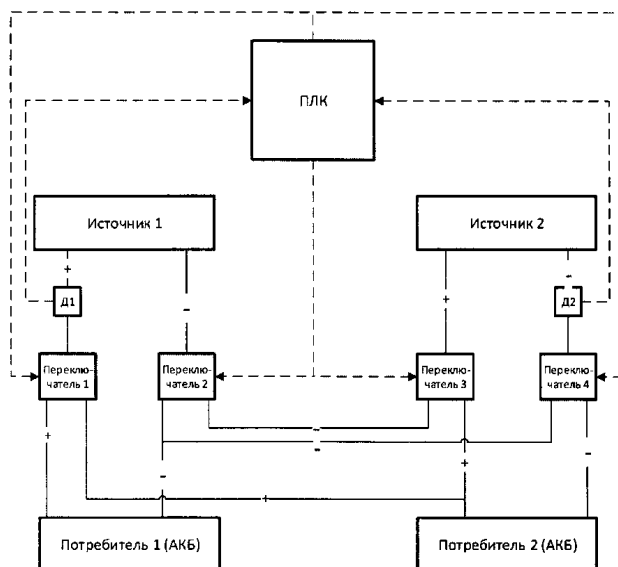


Рисунок 1 - Обобщенная структурная схема системы управления зарядкой аккумуляторов с использованием возобновляемых источников энергии

Основная задача решаемая разрабатываемой системой это постоянное и устойчивое питание потребителей. Представленная структурная схема решает данную задачу при помощи интеллектуального переключения между источниками на основе данных, полученных с датчиков. Возможные режимы работы реализуемые по данной схеме представлены на рисунках 2, 3 и 4.

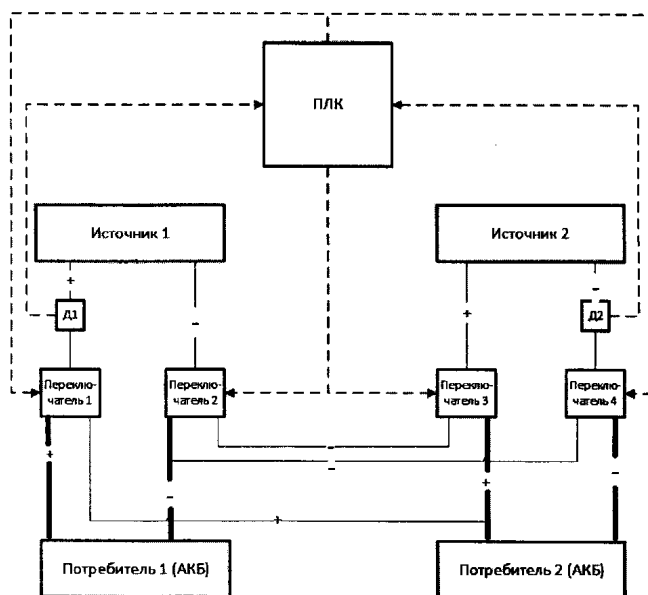


Рисунок 2 - Режим нормальной работы

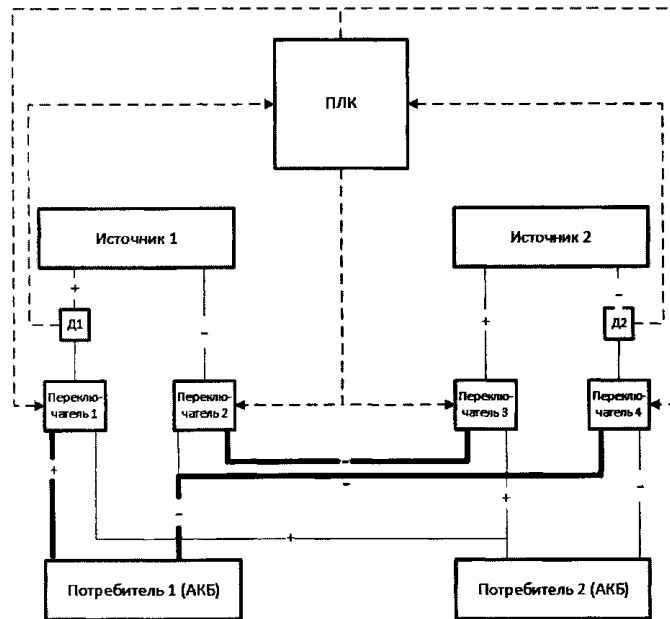


Рисунок 3 - Режим отсутствия или недостаточного заряда первого потребителя

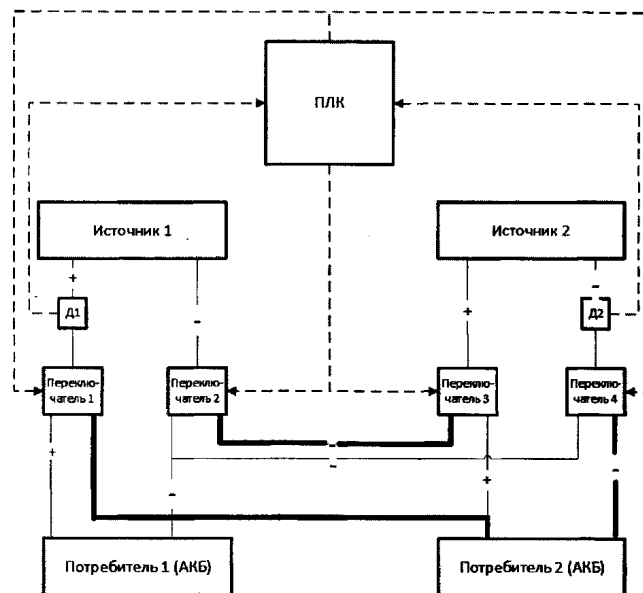


Рисунок 4 - Режим отсутствия или недостаточного заряда второго потребителя

Основными элементами структурной схемы являются: программируемый логический контроллер (ПЛК); источник питания; датчик тока; переключатель; аккумуляторная батарея (потребитель).

Программируемый логический контроллер. Собирает всю нужную информацию системы, а именно производит чтение данных с датчиков тока, который является показателем наличия или отсутствия питания в цепи.

Производит управление переключателями на основе полученных данных.

Источник питания. В качестве источника питания выступают альтернативные источники энергии (Солнечная энергия, ветер). Каждый источник питания направлен на обеспечение питания своего потребителя (АКБ).

Датчик тока. Датчик тока (Д1, Д2) установлен в систему в качестве обратной связи, которая позволяет определить наличие или отсутствие нужных показателей зарядки.

Переключатель. Выполняет задачу переключения питания от источников питания к потребителям.

Аккумуляторная батарея (потребитель). В качестве потребителя было принято решение использовать АКБ, для зарядки и дальнейшей его эксплуатации.

Выводы. Разработана обобщенная структурная схема системы управления зарядкой аккумуляторов с использованием возобновляемых источников энергии. Основная задача решаемая предлагаемой системой это постоянное и устойчивое питание потребителей. Представленная структурная схема решает данную задачу при помощи интеллектуального переключения между источниками на основе данных, полученных с датчиков.

Библиографический список

1. Мусаев М. Состояние и мировая практика использования альтернативных источников энергии [Электронный ресурс] - <http://energy.econews.uz/index.php/2009-02-15-14-14-09/957-state-and-world-practice-of-using-alternative-power-resources>.

2. Атлас ветров России = RussianWindAtlas / А.Н. Старков, Л. Ландберг, П.П. Безруких, М.М. Борисенко; М-во топлива и энергетики России, Нац. лаб. Рисо (Дания), Рос. - Дат.ин-т энергоэффективности. - М.: Можайск-Терра, 2000. 551 с.

3. Плеханов Сергей. О сырьевых ограничениях развития солнечной энергетики в 2013-2020 гг. / Сергей Плеханов. - М.: LAP LambertAcademic Publishing, 2013. 788 с.

4. Шопинский С. Н., Вендин С. В. Проблемы и перспективы использования ветроэнергетических установок в районах со слабыми ветрами // Инновации в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (9).с. 16-20.

5. Вендин С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. №4 (74). С.55-60.

6. Вендин С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сель-

ский механизатор. 2016. №7. С. 20-22.

7. Vendin S.V. Calculation of the power value of additional heat sources for a cylindrical biogas reactor /Vendin S.V., Mamontov A.Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. С. 012119.

8. Вендин С.В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 2 (18). С. 3-19.

9. Вендин С.В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Соловьёв, С.В. Килин // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 3 (32). С. 18-25.

УДК 631.361

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ SCADA СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДКОЙ АККУМУЛЯТОРОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Половнев Г.К.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Вендин С.В.

*Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина,
г. Белгород, e-mail: elark@mail.ru*

В статье приведены результаты анализа возможностей существующих SCADA систем для реализации их в системе автоматического управления зарядкой аккумуляторов альтернативных источников электроснабжения.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, аккумуляторные батареи, устройства зарядки, структурная схема, система управления, SCADA система, обратная связь.

Альтернативные виды энергии на настоящее время практически не освоены и в мировом энергетическом балансе составляют не более двух процентов. Основную ее долю составляют, прежде всего, энергия Солнца, ветровая энергетика, теплота земли и биотопливо [1-7 и др.]. Эти виды энергии можно использовать по прямому назначению, но наиболее распространенным способом ее применения является получение электрической энергии. Важно отметить также, что эффективность использования альтернативных источников энергии для получения электрической энергии определяется многими факторами, из которых следует выделить коэффициент полезного действия при преобразовании АИЭ в электрическую и требованиями к каче-

ству получаемой электроэнергии [8-9]. Одной из основных проблем эффективного использования систем электроснабжения на основе альтернативных источников энергии является управление процессом зарядки аккумуляторов от различных источников энергии [7].

Современные гибридные ветро-солнечных электростанции в большинстве своем реализуются по принципу параллельного существования 2-х автономных систем, работающих на свою аккумуляторную батарею. Поэтому задача состоит в разработке системы управления зарядкой аккумуляторов с возможностью подзарядки от любого источника, так отсутствие ветра или облачность фактически выводят из работы половину электростанции.

Ниже приведены результаты анализа возможностей существующих SCADA систем [10] для реализации их в системе автоматического управления зарядкой аккумуляторов и использованием возобновляемых источников энергии.

При создании различных систем управления, ещё на этапе разработки, встает вопрос о использовании ПО, которое могло бы контролировать поступающие данные, управлять портами контроллера, для принудительного вмешательства в работу системы и т.д. Существует огромное количество решений данного вопроса, от создания своего собственного webсервиса, который будет связан через Ethernetмодуль с вашей системой, до использования уже готовых предложений на рынке. Одним из таких предложений является SCADA система. Это промышленный вариант HMI (человеко-машинный интерфейс), с помощью которого можно легко контролировать все процессы протекающие в вашей системе, но есть несколько проблем, на которые необходимо обратить внимание, а именно: скорость работы различных SCADAсистем, возможность или отсутствие доработки функционала SCADAсистемы (добавление своих собственных блоков, написание дополнительных скриптов), стоимость программного обеспечения. Рассмотрим перечисленные проблемы.

Master SCADA

Преимущества:

1. Данная SCADA система применяется в различных отраслях промышленности России, что является одним из плюсов данной системы;
2. Возможность использования трехмерной графики и мультимедиа;
3. Не ограничена в скорости работы, при увеличении входных параметров;
4. Существует бесплатная версия системы;
5. Облачная система хранения и обмена данными (свой собственный web интерфейс).

Недостатки:

Глобальных недостатков у данной SCADAсистемы не было найдено.

SCADA TRACE MODE

Преимущества:

1. Данная SCADA система является абсолютно бесплатной;
2. Существует возможность доработки функционала;
3. Доступность. Данная система – это вебинтерфейс для конечного пользователя;
4. Удобная система построения графиков, если требуется анализ данных;
5. Возможность оповещения в аварийных ситуациях (E-mail, SMS).

Недостатки:

1. Нет возможности управления техническим процессом;
2. Небольшой набор блоков и панелей;
3. Низкий функционал.

SIMATIC WinCC

Преимущества:

1. Открытый OPC сервер
2. Простая конфигурация клиент-серверного взаимодействия;
3. Простое и быстрое конфигурирование SCADA системы в сочетании с пакетом STEP7;
4. Возможность доработки функционала;
5. Поддержка резервированных структур систем автоматизации.

Недостатки:

Глобальных недостатков у данной SCADA системы не было найдено.

Выводы. Наиболее подходящим решением для задачи автоматического управления зарядкой аккумуляторов альтернативных источников электроснабжения будет выбор MasterSCADA, так как данная система обладает отличным графическим интерфейсом, имеет свой собственный вебинтерфейс, так же существует ее бесплатная версия. Проблемы связанные со снижением скорости работы системы, невозможностью доработки системы собственными скриптами, и ее стоимостью, у данной системы MasterSCADA отсутствуют.

Библиографический список

1. Мусаев М. Состояние и мировая практика использования альтернативных источников энергии [Электронный ресурс] - <http://energy.econews.uz/index.php/2009-02-15-14-14-09/957-state-and-world-practice-of-using-alternative-power-resources>.
2. Атлас ветров России = RussianWindAtlas / А.Н. Старков, Л. Ландберг, П.П. Безруких, М.М. Борисенко; М-во топлива и энергетики России, Нац. лаб. Рисо (Дания), Рос. - Дат.ин-т энергоэффективности. - М.: Можайск-Терра, 2000. 551 с.
3. Плеханов Сергей. О сырьевых ограничениях развития солнечной энергетики в 2013-2020 гг. / Сергей Плеханов. - М.: LAP Lambert AcademicPublishing, 2013. 788 с.
4. Вендин С.В. Автоматизация механических и тепловых процессов в

многокамерном биогазовом реакторе непрерывной загрузки сырья /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2016. №4 (74). С.55-60.

5. Вендин С.В. Обоснование параметров терморегуляции и перемешивания при анаэробном сбраживании /С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов // Сельский механизатор. 2016. №7. С. 20-22.

6. Vendin S.V. Calculation of the power value of additional heat sources for a cylindrical biogas reactor /Vendin S.V., Mamontov A.Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. 2020. С. 012119.

7. Капустин Н. С., Вендин С. В. Повышение эффективности эксплуатации ветро-солнечных электростанций / В книге: Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее. Материалы XXIV Международной научно-производственной конференции. В 2 томах. Майский, 2020. С. 29-30.

8. Вендин С.В. Оценка эффективности мероприятий по снижению несимметрии и несинусоидальности в распределительных сетях 0,4-10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Килин, С.В. Соловьёв // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. № 2 (18). С. 3-19.

9. Вендин С.В. Экспериментальные исследования несинусоидальности и несимметрии напряжений в электрических сетях 10 кВ / С.В. Вендин, С.В. Соловьёв, С.В. Килин // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 3 (32). С. 18-25.

10. Системы SCADA [Электронный ресурс]-<http://masters.donntu.org/2002/kita/serdyuk/diss/lib/4/index4.htm>.

УДК 504.75

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Гилева Е.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

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

В данной работе рассмотрен проект ПДВ, как пакет природоохранной документации производственной или других организаций, в которой рассматривается степень загрязнения атмосферы объектом.

Ключевые слова: нормативы допустимых выбросов, атмосферный воз-

дух, загрязняющие вещества, категория объекта, объект оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, комплексное экологическое разрешение, декларация.

Предельно допустимый выброс (проект ПДВ) – это количество загрязняющих веществ, разрешенных государственными органами к выбросу за единицу времени конкретному природопользователю при условии соблюдения нормативов качества воздуха для населения [1].

С января 2019 года экологическая проектная документация, а именно, проект ПДВ потерпел изменения, в первую очередь, наименование проекта с «проект предельно допустимых выбросов» сменился на «проект нормативов допустимых выбросов» (проект НДВ).

Цель проекта НДВ: получить разрешение на выброс загрязняющих веществ и обосновать степень влияния предприятия на загрязнение воздуха.

Проект НДВ выполняет следующие задачи для сохранения безопасного уровня загрязнения воздуха:

- выявить состав и количество загрязняющих веществ, фоновые концентрации выбросов;
- определить способы предотвращения выбросов и снижения перечня вредных веществ;
- обосновать нормообразование выбросов и периодичность их производственного контроля;
- рассчитать экологический налог (отсутствие проекта НДВ в двадцети- и в стократно увеличивает этот налог) и составить формы госстатотчетности.

Наличие согласованного проекта НДВ узаконивает право предприятия на выбросы и защищает перед контролирующими органами от штрафов в случае проверок [2].

При разработке проекта НДВ используются:

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ;
2. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04 мая 1996 г. № 96-ФЗ;
3. ГОСТ 17. 2. 3.02-78 «Охрана природы. Атмосфера»;
4. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное. Санкт-Петербург, ОАО «НИИ Атмосфера», 2012 г.

Разработка современных проектов НДВ включает оценку состояния воздуха на территории самого предприятия и близлежащих нормируемых объектов (на границе СЗЗ, жилой зоны и т.п.) [3].

Проект разрабатывается на 8 лет (на существующий год + 7 лет перспективы).

Согласно российскому законодательству, проект ПДВ должны составлять несколько типов предприятий, которые делят на 4 группы. В таблице

ниже размещена информация по каждой из категорий.

Таблица 1 – Категории объекта негативного воздействия

Категория объекта негативного воздействия	Тип предприятия	Тип веществ, для которых проводятся измерения
I	Объекты по работе с полезными ископаемыми, организации целлюлозно-бумажной, свиноводческой, кожевенной, электролитической, химической промышленности, мясокомбинаты.	Высокотоксичные и радиоактивные вещества, имеющие канцерогенное и мутагенное воздействие. Также производится расчет технологических нормативов.
II	Предприятия атомной, нефтяной и силикатной промышленности, крупнейшие трубопроводы по газу и нефти, морские и	Все расчеты производятся согласно с «Декларацией о воздействии на окружающую среду»
	речные порты, объекты автомобильной инфраструктуры и железнодорожного сообщения, места по разведению крупного рогатого скота.	
III	Все прочие предприятия и компании, относящиеся к группам I и II при отсутствии у них мощностей, регламентированных законом.	Высокотоксичные и радиоактивные вещества, имеющие канцерогенное и мутагенное воздействие.
IV	Офисные организации, учреждения социальной сферы и образования.	ПДВ не нормируется.

С 1 января 2019 года вступили в силу измененные положения Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ и Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ, в соответствии с которыми скорректирован подход к нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Разработка необходимых документов получила привязку к присвоенной категории объекта негативного воздействия:

- для объектов I категории негативного воздействия на окружающую среду (далее НВОС) в составе заявки на комплексное экологическое разрешение (КЭР) производится расчет нормативов радиоактивных, высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными

свойствами (веществ I, II класса опасности), а также расчет технологических нормативов;

- для объектов II категории НВОС расчет нормативов допустимых выбросов производится в составе декларации о воздействии на окружающую среду (ДВОС);

- для объектов III категории НВОС рассчитываются нормативы радиоактивных, высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами (веществ I, II класса опасности);

- для объектов IV категории НВОС выбросы в атмосферный воздух не нормируются.

Учитывая неготовность нормативно-правовой базы к реализации новой стратегии государства в сфере экологического нормирования, были приняты переходные положения законодательства.

В соответствии с п. 3 ст. 2 Федерального закона «О внесении изменений в статью 14 Федерального закона «Об экологической экспертизе» и Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 25.12.2018 г. № 496-ФЗ с 1 января 2019 года и до получения комплексных экологических разрешений допускается выдача или переоформление разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по действовавшей до 2019 года схеме. Такие разрешения и документы действуют до дня получения комплексного экологического разрешения [4].

Библиографический список

1. Что такое проект ПДВ [Электронный ресурс] ЭкоЦентрПроект – Режим доступа: <https://www.ecocentr.ru/publications/chto-takoe-proekt-pdv/> (дата обращения 20.02.2021 г.);

2. Зачем нужна разработка проекта ПДВ [Электронный ресурс] ЭСО-Менеджер – Режим доступа: <http://www.ecomanager.ru/2012/09/зачем-нужна-проекта-пдв-предельно-доп/> (дата обращения 20.02.2021 г.);

3. ПДВ: что это такое, порядок разработки проекта нормативов по выбросам [Электронный ресурс] Cleanbin.ru – Режим доступа: <https://cleanbin.ru/law/pdv> (дата обращения 20.02.2021 г.);

4. Проект предельно допустимых выбросов в атмосферу (проект ПДВ) [Электронный ресурс] ЭКО центр – Режим доступа: <https://ecoc.ru/ecology/промэкология/природопользователям-воздух-проект-пдв/> (дата обращения 20.02.2021 г.).

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Гилева Е.Н.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

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

В данной работе рассмотрены основные источники выбросов на промышленной площадке открытой добычи каменного угля, с целью дальнейшей разработки проекта НДС.

Ключевые слова: атмосферный воздух, источники выделения, источники выбросов, загрязняющие вещества, газоздушная смесь, вскрыша, плодородный слой почв, потенциально-плодородный слой почв, дизельная электростанция.

Карьерный метод выемки пород или добыча полезных ископаемых открытым способом, осуществляющимся на открытой поверхности земли [1].

Карьер - это совокупность открытых горных выработок, созданных и оборудованных с целью открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Данный тип горных выработок непосредственно примыкает к земной поверхности.

В случаи, когда горное предприятие, ведущее открытую разработку месторождения, включает в себя и комплекс по переработке данного сырья (дробление, сортировка или обогащение), то его иногда называют горно-обогатительным комбинатом.

Также карьером полагается называть горные предприятия рудной и нерудной промышленности, а в угольной промышленности - разрезом. При этом обрабатываются россыпные месторождения. За рубежом принято использовать термин «горное предприятие».

С опережением во времени и в пространстве совместно работы по добыче и вскрышные проводятся на месторождении. В каждом случаи опережение вскрышных работ индивидуально для каждого открытого месторождения определяется по отдельности и обычно устанавливается проектом [1].

Технология добычи полезных ископаемых открытым способом имеет значительные преимущества для предприятия в сравнении с подземным.

Преимущества добычи полезных ископаемых открытым способом:

1) экономичность - не требует больших материальных затрат на содержание специализированной техники для подземных работ, более низкие энергозатраты оборудования;

2) безопасность - низкий уровень травматичности возникновения забо-

леваний рабочего персонала, отсутствуют риски нанесения урона предприятию в случае обвала;

3) производительность - такой метод позволяет осуществить совершенную механизацию работ.

Данные преимущества существенно понижают себестоимость добычи полезных ископаемых и способствуют успеху предприятия [2, 3].

Несмотря на преимущества и выгодную составляющую, последствия добычи полезных ископаемых открытым способом в большинстве носят негативный характер. Этот метод наносит значительный урон экологии, а также становится причиной продолжительного отчуждения мест проведения. Карьеры становятся причиной:

1) нарушения водного баланса земных недр - высыхание рек, исчезновение родников и ручьев;

2) нарушения целостности земной коры, образование пустот и, как следствие, оползней, обломов и разломов;

3) большой радиус токсичных загрязнений - во время разработки карьеров и добычи ископаемых грунт подвергается химическим изменениям, что делает невозможным проживание на ближних территориях животных и способствует отмиранию растений.

Недостатки открытых горных работ в большинстве случаев перекрываются их преимуществами. Поэтому открытый способ разработки месторождений всегда являлся эффективным и перспективным и быстро развивается. Увеличиваются не только объемы открытой разработки, но и удельный вес этого способа в общей добыче полезных ископаемых [4].

Добыча в карьерах всегда сопровождается:

- загрязнением сточных вод,
- выбросами угарного газа,
- сильным шумом.

Рассмотрим основные источники выбросов и выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух на примере действующего угольного разреза ООО «Руда Кузбасса».

Система отработки транспортная с предварительным рыхлением вскрышных пород буровзрывным способом. В течение добычи проводятся буровые и взрывные работы.

Взрывные работы проводятся в дневное время суток. Во время проведения взрывных работ используются взрывчатые вещества, которые можно разделить на две группы: Простейшие (Гранулит – ПС, Гранулит – М) и Эмульсионные ВВ (Эмулан ПВВ, Эмульсолит П, Эмульсолит А-20, Риофлекс) в атмосферу неорганизованно попадают: азота диоксид, азота оксид, углерода оксид и пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов.

Для бурения горной массы используется буровой станок Sandvik D50KS, при работе станка в атмосферу неорганизованно поступает пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов.

Добычей угля занимается 5 марок экскаваторов: Komatsu PC 1250SP-7, Komatsu PC 3000, Hitachi ZX 870, Hitachi ZX 670 и Volvo EC 460B. В карьерной выемке в перевалке участвуют бульдозеры марок Cat D9R и Komatsu WD 600. При работе бульдозеров и экскаваторов в атмосферу поступают: азота диоксид, азота оксид, углерод, сера диоксид, углерода оксид, керосин и пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов

Добываемая вскрыша транспортируется самосвалами Terex-TR 100, БелАЗ - 7555 D и САТ 777 на внешний отвал. Внешний отвал вскрышных пород расположен вдоль юго-восточного борта участка. Отвал отсыпается ярусами высотой до 30м.

Уголь из карьера доставляется на промежуточные склады (склад 1, склад 5, склад 6, склад 7), расположенные на внешнем отвале. Транспортировкой занимаются самосвалы САТ 777 и БелАЗ – 75487.

Транспортировка самосвалами сопровождается выделением азота диоксида, азота оксида, углерода, серы диоксида, углерода оксида, керосина, пыли неорганической с содержанием кремния 20-70 процентов и пыли каменного угля.

На складах угля проводится перевалка бульдозерами D-275 А, экскаватором Komatsu PS 1250 осуществляется погрузка в автосамосвалы марки IVECO TRAKKER AD410T42Y. При работе техники на складах в атмосферный воздух неорганизованно поступают следующие ЗВ: азота диоксид, азота оксид, углерод, сера диоксид, углерода оксид, керосин и пыль каменного угля.

На территории внешнего отвала проводится заправка техники дизельным топливом, при заправке в атмосферу попадает сероводород и углеводороды предельные C12-C19.

Вблизи с внешним отвалом расположены склады ПСП (плодородный слой почв) и ППСП (потенциально-плодородный слой почв). С поверхности складов происходит сдувание, при этом в атмосферу неорганизованно поступает пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20 %.

Для снабжения электричеством на территории ОГР находится дизель-генераторная установка АД 150 С - Т400 -Р, для освещения рабочей площадки используются 4 мачты Atlas Copco QLT M10 и 2 мачты Atlas Copco HiLightV4 SerialNumber WUX916561. Для перекачки вод, поступающих в карьерную выемку, используется дизельная насосная установка ДНУ 500/63 и мотопомпа Atlas Copco PAS 150 HF.

При работе дизельных установок в атмосферу неорганизованно попадает диоксид азота, оксид азота, сажа, диоксид серы, оксид углерода, бенз(а)пирен, формальдегид и керосин.

Основными источниками выбросов на ООО «Руда Кузбасса» являются: участок открытых горных работ, внешний отвал, временный перегрузочные склады, склады ПСП и ППСП и дороги, по которой осуществляется транспортировка.

Источниками выбросов в атмосферный воздух попадаю: азота диок-

сид, азота оксид, углерод, сера диоксид, углерода оксид, керосин, сероводород, углеводороды предельные С12-С19, бензапирен, формальдегид, пыль каменного угля, пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 20 % и пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов.

После определение источников выделения, количества загрязняющих веществ оптимальной производственной деятельности предприятия, полученные сведения используются для разработке проекта НДВ.

Библиографический список

1. Открытый способ добычи полезных ископаемых [Электронный ресурс] / Элита страны. URL: <http://kraina.name/articles/biznes/200663-otkritiy-sposob-dobichi-poleznych-iskopaemih/> (дата обращения 19.02.2021).

2. Достоинства и недостатки открытой разработки [Электронный ресурс] // Studwood.ru: Объекты и условия открытой разработки. URL: https://studwood.ru/1279766/geografiya/dostoinstva_nedostatki_otkrytoy_razrabotki (дата обращения 16.05.2019).

3. Преимущества добычи полезных ископаемых открытым способом [Электронный ресурс] // Промышленный портал. URL: <https://promzn.ru/drugoe-proizvodstvo/dobycha-poleznyh-iskopaemyh-otkrytym-sposobom.html> (дата обращения 16.05.2019).

4. Открытые горные работы, их преимущества и недостатки [Электронный ресурс] // Информационный ресурс. URL: <https://cyberpedia.su/14xd01b.html> (дата обращения 18.05.2019).

5. Проект нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов Акционерного общества «Распадская – Коксовая» [Текст], Новокузнецк, 2019, 614 с.

УДК 504.75

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

Гилева Е.Н

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

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

В данной работе рассмотрены основные источники выбросов на промышленной площадке угольной шахты, с целью дальнейшей разработки проекта НДВ.

Ключевые слова: атмосферный воздух, источники выделения, источ-

ники выбросов, загрязняющие вещества, дымовые газы.

Угольная шахта – это сложный промышленный комплекс, который состоит из подземной и надземной части. В подземной добывают полезное ископаемое. Надземная обеспечивает функционирование предприятия, складирование и транспортировку угля [1].

Надземная часть шахты состоит из комплекса зданий с разным функциональным назначением.

Она обеспечивает: подачу в шахту свежего охлажденного воздуха, электроэнергии, тепла, выведение вредных газов, спуск и подъем шахтеров, оборудование различного назначения, подъем пустой породы и угля, сортировку и обогащение угля, временное складирование, складирование пустой породы в отвалы, ремонт техники, складирование запчастей, машин и оборудования, бытовое обслуживание работников, административное управление.

Подземная часть – это основная составляющая шахты. Именно здесь добывают уголь. Она состоит из горных выработок и коммуникаций.

Источники загрязнения атмосферного воздуха классифицируются следующим образом:

- стационарные;
- нестационарные или передвижные (транспорт).

При исследовании стационарных источников загрязнения атмосферы различают две группы источников: источники выделения и источники выбросов вредных веществ.

Источник выделения – это технологический агрегат (установка, устройство, аппарат, поточная линия и т. д.) или другой объект (горящий породный отвал), выделяющий в процессе эксплуатации вредные вещества.

Источник выбросов – это техническая система или устройство (труба, различные вентиляционные устройства), посредством которых организуется выброс вредных веществ в окружающее предприятие пространство, организованный подобным образом выброс называется газовоздушной смесью – ГВС [2].

Рассмотрим основные источники выбросов и выделения загрязняющих веществ в атмосферный воздух на примере действующей шахты ООО «Руда Кузбасса».

Средняя температура воздуха в угольных шахтах составляет 10-15°C, максимальная 20 [3]. Для поддержания оптимальных температур (20 °C) рядом с шахтой расположена котельная.

В котельной установлены котлы, работающие на угольном топливе, дымовые газы от котлоагрегатов выбрасываются в атмосферу, пройдя очистку в циклоне, через трубу. В состав дымовых газов входят: азота диоксид, азота оксид, углерод (сажа), сера диоксид, углерода оксид, бензапирен и зола твердого топлива. Рядом с котельной расположен бункер угля. Перед подачей топлива в котельную, оно подвергается процессу дробления, при разгрузки в бункер и при дроблении угля в атмосферный воздух попадает пыль

каменного угля. В котельной имеется зольное помещение. Выбросы при разгрузке золошлаковых отходов представлены пылью неорганической с содержанием кремния 20-70 процентов. Для уменьшения выбросов золошлаки подвергаются поливу.

Недалеко от котельной имеются гидроочистные сооружения в виде пруда отстойника, площадью 900 м². Подземные воды – одна из основных проблем шахты. Если их своевременно не откачивать, они могут затопить все пространство подземной выработки. Для водоотвода делают специальные каналы. Из них вода насосами откачивается на верхние уровни. Там она собирается в водосборники из которых выкачивается наружу. Чем глубже шахта, тем больше в ней уровней сбора воды.

За пределами подземной части шахты вода собирается в отстойники. Там она очищается от вредных примесей. Дополнительно жидкость пропускается через сорбенты. Такая вода в дальнейшем используется для технических нужд на самой шахте [2]. С поверхности отстойника происходят выделения: сероводорода, углеводородов С1-С5 (исключая метан), углеводородов С6-С10, бензола, диметилбензола (ксилол) (смесь о-, м-, п- изомеров), метилбензол (толуол). Чистка отстойника от ила выполняется погрузчиком. При работе двигателя погрузчика, неорганизованно в атмосферный воздух попадают: азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, керосин.

Уголь из шахты транспортируется закрытым конвейером и подается на открытый склад угля. При формировании склада угля происходят выбросы пыли каменного угля. В летний период времени проводится пылеподавлением с помощью распылителей воды, установленных над конвейером, тем самым, количество выбросов можно уменьшить до 90 %. С поверхности склада угля происходит сдувание, что приводит к неорганизованным выбросам пыли каменного угля.

На складе угля проводится его перевалка, для уменьшения самовозгорания, данный вид работы осуществляется бульдозером. На складе сырье загружается в автосамосвалы для транспортировки на обогатительную фабрику, погрузка производится погрузчиками. При работе бульдозера и погрузчика в атмосферу попадают: азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, керосин и пыль каменного угля.

На промплощадке шахты расположено дизелевозное депо. При въезде/выезде дизелевозов в депо в атмосферу выбрасывается азота диоксид, азота оксид, углерод, сера диоксид, углерода оксид и керосин. Дизельное топливо хранится в резервуаре объемом 5 м³, при его переливе в атмосферу поступают загрязняющие вещества такие, как сероводород и углеводороды предельные С12-С19.

Уголь из шахты транспортируется до складов обогатительной фабрики. Т.к. транспортировка осуществляется через жилую зону, кузова автосамосвалов закрыты брезентом, тем самым сдувание с кузова отсутствует, но

при работе двигателей, работающих на дизельном топливе в атмосферу неорганизованно поступают: азота диоксид, азота оксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид и керосин, при транспортировке происходит пылением из-под колес, что ведет к выбросам пыли неорганической с содержанием кремния 20-70 процентов.

На территории ООО «Руда Кузбасса» 4 действующих источника метановыделения: наклонный вентиляционный ствол – ВНС 2, станция дегазации PGM Lennetal 2*90, установка газоотсасывающая - № 2 УВЦГ 9 и модульная дегазационная установка – МДУ-145 RS. Источники выбросов по источникам метановыделения являются трубы [4].

Основными источниками выбросов на ООО «Руда Кузбасса» являются: труба котельной, бункеры угля и золошлаковых отходов, очистные сооружения, склад угля, трубы источников метановыделения и дорога, по которой осуществляется транспортировка угля.

Источниками выбросов в атмосферный воздух попадаю: азота диоксид, азота оксид, углерод, сера диоксид, углерода оксид, керосин, сероводород, углеводороды C1-C5 (исключая метан), углеводороды C6-C10, бензол, диметилбензол (ксилол) (смесь о-, м-, п- изомеров), метилбензол (толуол), углеводороды предельные C12-C19, бензапирен, метан, пыль каменного угля, зола твердого топлива и пыль неорганическая с содержанием кремния 20-70 процентов.

После определение источников выделения, количества загрязняющих веществ оптимальной производственной деятельности предприятия, полученные сведения используются для разработке проекта НДВ.

Библиографический список

1. Как устроена шахта по добыче угля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/id/5ef5e0ea99d22e15460a3f0a/kak-ustroena-shahta-po-dobyche-uglia-6012617f814bd370b617229c> (дата обращения: 05.02.2021).

2. Исследование источников загрязнения атмосферы [Электронный ресурс]. Электронная библиотека – Режим доступа: <https://libraryno.ru/6-issledovanie-istochnikov-zagryazneniya-atmosfery-izso/> (дата обращения: 06.02.2021).

3. Какая температура в шахте? Узнаем правду [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/shakhta/kakaia-temperatura-v-shahte-uznaem-pravdu-5cdf18867ea51b00b38aa48d> (дата обращения: 05.02.2021).

4. Проект нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов Акционерного общества «Распадская – Коксовая» [Текст], Новокузнецк, 2019, 614 с.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОФИЛАКТИКУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Климович Е.Ю.

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

*Московский политехнический университет,
г. Москва, e-mail: ylekk2016@gmail.ru*

На примере ОАО «Белон» показана эффективность компьютерной программы обучения охране труда под названием «Лидерство в промышленной безопасности», разработанной НП «Кузбасс-ЦОТ». Снижение частоты травматизма при обучении безопасности с помощью данной программы, включающей современные методы обучения, с 2019 по 2020 год составило 48 %.

Ключевые слова: методы обучения, травматизм, охрана труда, безопасность, видео-инструкции.

В настоящее время вопрос об эффективности методов обучения работников безопасности и охране труда крайне актуален. Рациональное использование современных методов обучения, позволяет своевременно и должным образом предотвратить большую долю опасных происшествий, инцидентов, аварий, несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве.

Современные методы обучения безопасности и охране труда, базирующиеся на создании относительно недорогих, но перспективных инновационных продуктов, необходимы для снижения и профилактики травматизма на предприятиях разных отраслей. Они помогают закрепить полученные ранее знания, а также обеспечить приобретение новых знаний, умений и навыков безопасной работы.

Сегодня для обучения безопасности используются в основном:

- плакаты по охране труда, которые позволяют донести краткую и наглядную информацию о безопасной работе;
- учебные пособия, представляющие собой инструкции, в которых содержится учебный, нормативный материал по безопасности и охране труда, сброшюрованный в пластиковые папки;
- лекции и беседы по охране труда, как по общим, так и по конкретным вопросам безопасности;
- тренинги, рассчитанные непосредственно на обучение профессиональным навыкам.

Наряду с перечисленными методами все большее применение находят современные методы обучения:

- компьютерные программы и интерактивные технологии, к которым

относятся видео-инструктажи по безопасности и охране труда, тренажеры-имитаторы, модели несчастных случаев, учебные видеокурсы и видеофильмы по охране труда, где демонстрируются безопасные методы выполнения работ, а также структурированный набор мультимедиа-сюжетов либо слайд-фильмов [1];

- кроссворды и деловые игры по охране труда, являясь интеллектуальными играми, вносят в процесс обучения игровой элемент и позволяют использовать ранее усвоенные знания.

Своевременно повлиять на профилактику производственного травматизма на предприятиях возможно только при использовании комбинации современных методов обучения работников охране труда, которые разрабатываются и внедряются многими центрами в России, вместе с традиционными методами.

Так, некоммерческим партнерством «Кузбасс-ЦОТ» были разработаны мультимедийные компьютерные программы по обучению безопасности и интерактивные технологии, в которых широко представлены и сочетаются такие методы обучения безопасности, как:

- видеофильмы и видео-инструкции по безопасности и охране труда, где наглядно и эффективно передана информация по общим вопросам безопасности;

- видео-инструкции, при использовании которых, благодаря наглядной демонстрации структурированного набора слайд-фильмов, работник способен изучить требования по охране труда на конкретном производстве;

- интерактивные видео-инструкции, позволяющие обучаться в интерактивном режиме, где работник выступает в роли персонажа, которому необходимо принимать решения и выполнять определенные действия;

- компьютерные 3D-модели несчастных случаев, позволяющие работникам визуализировать обстоятельства и причины несчастных случаев аварий, пожаров, произошедших на предприятии.

Благодаря применению в процессе обучения безопасности комбинации данных методов, происходит снижение уровня производственного травматизма, так как отношение работника к личной безопасности существенно меняется, формируются навыки безопасных приемов в работе, повышается уровень знаний об опасных и вредных производственных факторах. Применение современных методов обучения безопасности способствует лучшему запоминанию и длительному сохранению в памяти полученных знаний [2].

Для угольной компании ОАО «Белон» «Кузбасс-ЦОТ» разработал три обучающие программы по охране труда, одна из которых называется «Лидерство в промышленной безопасности». В программе сочетаются все перечисленные методы обучения охране труда.

Для многих предприятий аутсорсинг является выгодным сервисом по охране труда, поскольку нет необходимости самим разрабатывать эффективные программы обучения безопасности, проводить обучение и контролиро-

вать полученные знания. Компания – центр по охране труда, занимающаяся охраной труда на аутсорсинге, обходится предприятию в среднем на 30% дешевле, чем штатные сотрудники.

Общая численность работников ОАО «Белон», обученных за последние два года по программе «Лидерство в промышленной безопасности», составила – 2960 человек или 53,4% от общей численности работников данной компании.

Наблюдение за обучением безопасности работников компании ОАО «Белон» по программе – «Лидерство в промышленной безопасности» проводилось в течение 2-х лет и показало снижение производственного травматизма.

Для оценки уровня производственного травматизма использовался коэффициент частоты травматизма:

$$K_{\text{ч}} = 1000 N/P$$

где N – количество несчастных случаев, произошедших за рассматриваемый период;

P – среднесписочная численность работников в компании за рассматриваемый период.

В 2019-2020 годах численность работников в ОАО «Белон» составила 5920 человек, произошло 310 несчастных случаев. Таким образом, коэффициент частоты травматизма составил 56,13.

В 2020 году зарегистрировано 148 несчастных случаев, $K_{\text{ч}}$ снизился до 26,8.

Таким образом, использование программы обучения охране труда, основанной на современных методах обучения, разработанной «Кузбасс-ЦОТ» - центром по охране труда, позволило снизить уровень травматизма в ОАО «Белон» на 48 %.

Библиографический список

1. Тихомиров О.И. Мультимедийные технологии на службе охраны труда// Безопасность труда и жизни. 2010. № 4. С. 10 – 15.
2. Ворошилов С.П. Интерактивные программы обучения охране труда/ С.П. Ворошилов, Г.Е. Седельников // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, №1, 2010, – С. 85–87.
3. Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.1999г. №181-ФЗ (с изм. от 20.05.2002 и 10.01.2003г).

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Зайцева Е.А., Шарапова Ю.С.

Научный руководитель: канд. хим. наук Вторушина А.Н.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, e-mail: yss24@tpu.ru*

Современная ситуация, связанная с эксплуатацией большого количества предприятий металлургии, химии, увеличение количества автотранспорта, приводит к ухудшению здоровья населения. Статья посвящена анализу качества воздушной среды, источников выбросов загрязняющих веществ в сопоставлении с динамикой численности населения.

Ключевые слова: экологическая безопасность, здоровье населения, выбросы вредных веществ, предельно допустимая концентрация, окружающая среда.

Высокий техногенный уровень Кузбасса, ежегодное увеличение объемов добычи полезных ископаемых, наличие крупных электростанций, интенсивная работа предприятий металлургии, химии, машиностроения, увеличение автотранспорта – все это не лучшим образом сказывается на общем экологическом состоянии края. В свою очередь, экологическая обстановка оказывает большое влияние на здоровье и благополучие населения, например, по данным ВОЗ продолжительность жизни на 30-40 % определяется качеством окружающей среды.

Динамика изменения численности населения региона говорит о существовании комплексных проблем. По данным Росстата [1] и ЕМИСС [2], несмотря на увеличение ожидаемой продолжительности жизни населения Кузбасса и снижения уровня смертности в регионе (таблица 1), численность населения Кемеровской области постепенно сокращается. Это связано и с социальными условиями развития общества, однако нельзя не учитывать влияние состояния окружающей среды региона на динамику численности населения.

Таблица 1 - Изменение численности населения по Кемеровской области

Годы	Количество жителей	Число умерших за год	Ожидаемая продолжительность жизни населения	
			Женщины	Мужчины
2014	2 734 075	39 763	74.06	61.64
2015	2 724 990	39 355	74.32	62.32

Продолжение таблицы 1

Годы	Количество жителей	Число умерших за год	Ожидаемая продолжительность жизни населения	
			Женщины	Мужчины
2016	2 717 627	38 872	74.73	62.72
2017	2 708 844	38 151	74.9	63.68
2018	2 694 877	38 748	74.88	63.66
2019	2 674 256	37 882	75.11	64.32

При анализе статистических данных по смертности населения можно видеть, что основными заболеваниями, приводящими к гибели, являются заболевания системы кровообращения и злокачественные новообразования (рисунок 1). Факторами провоцирующими данные виды заболеваний могут быть: употребление алкоголя, курение, неправильное питание, неактивный образ жизни, генетические и различные инфекционные заболевания, в том числе и влияние некачественной среды, в первую очередь загрязненного воздуха.

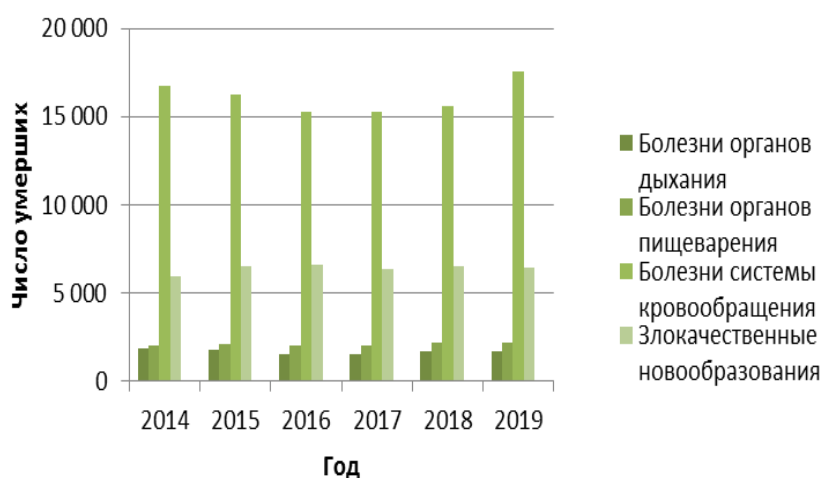


Рисунок 1 - Число умерших по видам заболеваний в Кемеровской области за период 2014-2019г.

По оценкам Росприроднадзора [3] основной вклад в загрязнение воздушной среды в Кемеровской области вносят предприятия по добыче полезных ископаемых (рисунок 2).

Большая часть добывающих и перерабатывающих предприятий сосредоточена в центральной части области – город Кемерово, а также на юге, вблизи крупных городских поселений, таких как: Новокузнецк, Белово, Про-

копьевск, где сосредоточена основная часть населения региона. Также качество воздушной среды в городских условиях зачастую зависит от численности и правильной организации движения транспорта. Кемеровская область занимает 43 место по числу собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения по субъектам РФ в 2019 г.

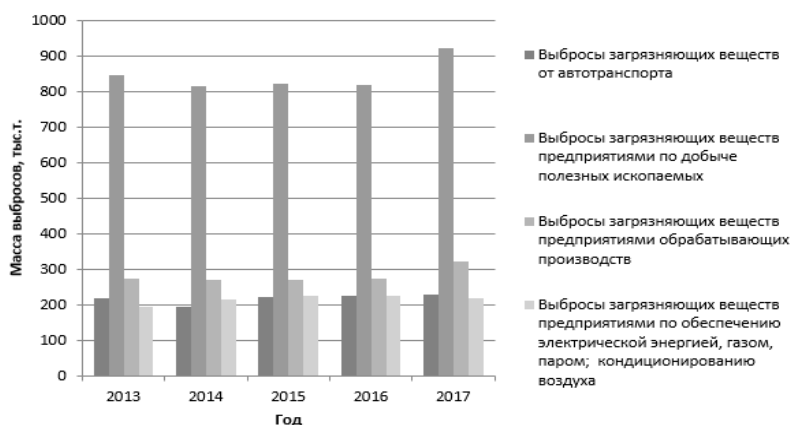


Рисунок 2 - Динамика выбросов загрязняющих веществ от основных источников в регионе за период 2013-2017г.

В общем объеме выбросов доля от передвижных источников (автомобильного и железнодорожного транспорта) составляет около 13,5 %. Численность легковых автомобилей по Кемеровской области (на 1000 человек населения) за последние 20 лет увеличилась более чем в 3 раза.

Согласно статистическим данным ЕМИСС [2] суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспорта за 2012-2018 годы увеличился с 205,4 тыс. т. до 234,5 тыс. т. Основными загрязняющими веществами, поступающими от автотранспорта в атмосферу являются оксид углерода (более 170 тыс.т/год), диоксид азота, а также летучие органические соединения (рисунок 3).



Рисунок 3 - Объем выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта по Кемеровской области

Анализ данных показывает, что наибольшее значение по выбросам загрязняющих веществ автотранспортом пришлось на 2018 год.

В целом по ежегодным отчетам Департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области [4] по г. Кемерово среднегодовые концентрации по всем загрязняющим веществам, кроме бенз(а)пирена и диоксида азота, не превышают установленных норм (таблица 2).

Таблица 2 - Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в г. Кемерово в долях ПДК

Наименование загрязняющего вещества	Год				
	2015	2016	2017	2018	2019
бенз(а)пирен	2,1	2,1	3,1	3,4	2,7
диоксид азота	1,5	1,0	1,0	0,8	1,1
аммиак	0,6	0,6	0,8	0,6	0,7
формальдегид	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
оксид углерода	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4
взвешенные вещества	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3
оксид азота	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2
водород хлористый	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1
сажа (углерод)	0,8	1,0	0,1	0,1	0,1

По представленным данным можно видеть, что за пятилетний период (2015-2019 годы) среднегодовая концентрация бенз(а)пирена увеличилась в 1,3 раза; диоксида азота – снизилась в 1,4 раза; оксида углерода – существенно не изменилась, варьировалась в пределах 0,3-0,5 ПДК. Атмосферные осадки за этот период имели в 78 % случаев нейтральную, в 19 % случаев – слабощелочную, в 3 % случаев – равновесную реакции.

Основными ЗВ в воздушной среде города являются бенз(а)пирен, диоксид азота, аммиак и формальдегид.

Бенз(а)пирен может стать причиной онкологических заболеваний. Данное соединение опасно своей способностью накапливаться в тканях тела, так, преимущественно он концентрируется в жировой ткани и костях, плохо подвержен выведению из организма.

Диоксид азота, воздействуя на слизистые оболочки, вызывает нарушение работы органов дыхания, а при длительном влиянии бронхит и эмфизему.

При ингаляционном поступлении формальдегида появляется раздражение верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, спазм и отёк гортани, кашель, одышка, бронхит, пневмония. При попадании на кожу наблюдается дерматит, коагуляционный некроз кожи.

Большую угрозу аммиак несет при вдыхании. Аммиак вызывает сильный кашель, удушье. Поражаются глаза и дыхательные пути, при высоких концентрациях возможен смертельный исход. При длительном воздействии

наблюдаются катар верхних дыхательных путей, расстройство пищеварения, ослабление слуха.

Источниками данных компонентов могут быть автомобильные выхлопы, предприятия обрабатывающих производств, отходы металлургических производств.

Мероприятия для снижения поступления данных веществ в атмосферу:

1. В целях снижения влияния выбросов автотранспорта осуществляется озеленение придорожных газонов улично-дорожной сети и выполняются работы по омолаживанию старовозрастных деревьев и кустарников;

2. Модернизация использования и обслуживания производственных систем металлургических производств и обрабатывающих предприятий;

3. Создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного ее использования для металлургических предприятий;

4. Использование более эффективных методов очистки и усиление констоля за работой очистных устройств;

5. Усовершенствование горелочных устройств, рециркуляция продуктов сгорания, сжигание топлив с малыми избытками воздуха для металлургических предприятий.

Таким образом, в работе было показано, что проблема загрязнения атмосферного воздуха остается в числе приоритетных проблем, оказывающих непосредственное влияние на здоровье населения Кемеровской области. Выбросы загрязняющих веществ от предприятий по добыче полезных ископаемых, обрабатывающих производств, предприятий по обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха с каждым годом растут. В Кузбассе ежегодно принимается региональная целевая программа «Экология и природные ресурсы Кемеровской области». Она является составной частью закона о бюджете области. На ее финансирование выделяются сотни миллионов рублей. Областные природоохранные мероприятия включают в себя развитие системы мониторинга окружающей среды, проведение научных исследований, развитие особо охраняемых территорий, воспитания и образования в поддержку общественного экологического движения, выделение средств из бюджета на более современные методы очистки.

Библиографический список

1. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области – Кузбассу [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kemerovostat.gks.ru/folder/38669>.

2. ЕМИСС Государственная статистика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/42723>.

3. Росприроднадзор Федеральная служба по надзору в сфере природопользования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/regions/42/intro/>.

4. Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2019 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ecokem.ru/wp-content/uploads/2020/02/doclad_2019.pdf.

УДК 622. 272.002.5

СОБЛЮДЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЕЙ В СВЕТЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ-2015

Кириляк М.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецке-mail: mkirilyak16@mail.ru*

Сегодня существует множество соглашений, регулирующих деятельность отдельных государств, международных организаций, неправительственных образований в сфере экологии. Одним из важнейших документов является Парижское соглашение, принятое Рамочной конвенцией ООН об изменении климата в 2015 г. и подписанное в 2016 г.

Ключевые слова: Парижское соглашение, Киотский протокол, выбросы, углеродная нейтральность, квоты, парниковый газ.

Ровно пять лет назад участники Конференции по климату в Париже приняли соглашение. Официальное название документа - Парижское соглашение согласно РКИК (Рамочной конвенции об изменении климата- Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change). Его поддержали все 197 участников РКИК. Оно должно заменить ограничивающий выбросы парниковых газов Киотский протокол, действие которого заканчивается в 2020 году. Основная цель - не допустить глобального роста температуры в XXI веке выше 2 °С. Ко второй половине столетия ряд государств даже намерены достичь углеродной нейтральности - когда количество опасных выбросов в атмосферу не превышает возможности природы поглотить их [1].

Россия подписала Парижское соглашение в 2016-м году, но было ратифицировано только 21 сентября 2019 г. Постановление о ратификации соглашения подписал тогда премьер-министр Дмитрий Медведев [2].

4 ноября президент Владимир Путин подписал указ № 666 "О сокращении выбросов парниковых газов". Этот документ провозглашает намерение к 2030 году сократить выбросы парниковых газов до 75 % от уровня 1990 года. Для исполнения этого указа правительство должно утвердить Стратегию долгосрочного развития России до 2050 года, разработанную Минэкономразвития. Она предполагает снижение углеродоемкости ВВП РФ

на 9 % к 2030 и на 48 % к 2050 году по сравнению с 2020 годом. Еще один документ в связи с ратификацией Парижского соглашения правительство готовит в виде закона. Законопроект о регулировании выбросов углерода предусматривает мониторинг выбросов парниковых газов и углеродную отчетность для компаний. Кроме того, он предполагает выделение субсидий для компаний, которые внедряют низкоуглеродные технологии. Цель документа - "создание мотивации для того, чтобы каждая компания думала об этой повестке" [3].

На достижение основных целей Парижского соглашения направлен и реализуемый в стране национальный проект «Экология», в том числе входящие в его состав федеральные проекты «Чистый воздух» и «Наилучшие доступные технологии» (НДТ), которые предусматривают сокращение парникового газа (ПГ), стимулируют бизнес к внедрению лучших зеленых технологий с минимальным ущербом для окружающей среды, а также развитие нормативного регулирования (механизма) квотирования выбросов. Национальный проект охватывает такие сферы как промышленность, металлургия, энергетика и прочие, для предприятий разработаны зеленые стандарты и справочники по внедрению НДТ.

По данным ВР Россия занимает четвертое в мире место по уровню выбросов углекислого газа в атмосферу — около 4,6 % от общего объема (рисунок 1). Структура российских выбросов делится, в основном, на два элемента: углекислый газ — 63,1 % и метан — 32,4 %. В настоящее время российские власти уже исполняют один из пунктов этого соглашения: передают в международные организации данные о выбросах российских предприятий, а также постепенно ужесточают законодательство в сфере экологии. Это делалось и до ратификации [4].

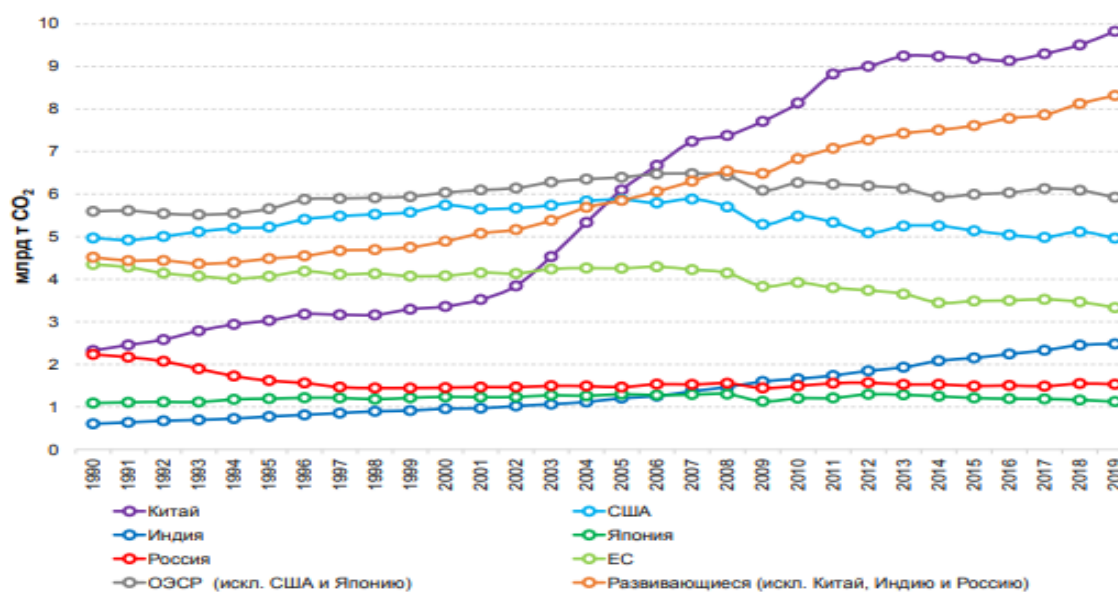


Рисунок 1 - Выбросы CO₂ по ведущим странам и регионам мира, млрд. т CO₂, 1990–2019 годы

Сегодня Россия рассматривает несколько способов снижения выбросов. В первую очередь, речь идет о снятии всевозможных барьеров, мешающих снизить количество выбросов. Это поможет в перспективе увеличить ВВП на 8 % и снизить количество выбросов углекислого газа на 790 млн. т. Но придется проделать колоссальную работу в плане подготовки нормативных документов, провести широкую многолетнюю кампанию по разъяснению необходимости подобных действий.

На протяжении 1990–1998 годов в России происходило значительное снижение выбросов, обусловленное общей отрицательной динамикой экономической ситуации в стране, изменением структуры экономики и структуры топливного баланса. В 1999–2008 годы в период экономического подъема, происходившего в сфере производства и потребления, выбросы демонстрировали устойчивый рост, однако рост выбросов в этот период был значительно ниже их сокращения в 1990-е годы. Так, в 1990–1998 годы величина совокупного выброса уменьшилась на 1308,2 млн. т CO₂-экв., а в 2000–2008 годы она продемонстрировала рост лишь на 197,4 млн. т CO₂-экв.

В 2009 году отмечался спад выбросов, связанный с затронувшим Российскую Федерацию мировым экономическим кризисом. В 2010–2012 годы в период посткризисного восстановления экономики выбросы вновь стали увеличиваться. В 2013–2014 годы совокупные выбросы ПГ несколько уменьшились (на 55,4 и 53,6 млн. т CO₂-экв. соответственно по отношению к 2012 году, без учета сектора землепользования, изменения в землепользовании и лесном хозяйстве (ЗИЗЛХ)). В последующие годы совокупный выброс без учета сектора ЗИЗЛХ имел тенденцию к увеличению. С учетом ЗИЗЛХ совокупные выбросы в 2018 году составили 1,6 млрд. т CO₂-экв. (52,4 % совокупных выбросов 1990 года). Выбросы ПГ с учетом ЗИЗЛХ ниже, чем без учета за счет абсорбции парниковых газов. В итоге на протяжении 1990–2018 годов сектор ЗИЗЛХ в России являлся нетто-поглотителем ПГ.

Структура выбросов по секторам в России остается относительно стабильной на протяжении последних десятилетий. Большая часть выбросов ПГ традиционно приходится на энергетический сектор, его доля в 2018 году составила 78,9 %, что на 1,7 % меньше по сравнению с 1990 годом. Удельный вес выбросов от промышленности в совокупном объеме выбросов в 2018 году составил 11,0 % (+2,1 % по сравнению с 1990 годом), сельского хозяйства - 5,7 % (-3,0 %). Сектор «отходы» по-прежнему занимает последнее место по вкладу в совокупный выброс (4,4 %), несмотря на то, что его выбросы возросли между 1990 и 2018 годом более чем в 1,6 раза.

Выбросы в энергетике обусловлены добычей, первичной переработкой, транспортировкой и использованием природного топлива (нефти, природного и нефтяного попутных газов, угля, торфа и др.), а также продуктов его переработки. Общее снижение объема выбросов ПГ от энергетического сектора в 1990–2017 годы составило 31,8 %. В 2018 году объем выбросов увеличился на 3,1 %. В составе выбросов преобладает CO₂ - на него в 2018

году приходилось 85,7 % всех выбросов по сектору. Вклады CH_4 и N_2O составили 14,0 % и 0,3 % соответственно. В промышленном секторе учитываются выбросы от производства минеральной продукции, химической промышленности, металлургии, использования растворителей и неэнергетических продуктов из топлива, электронной промышленности, использования фторированных заменителей озоноразрушающих веществ, а также производства и использования других продуктов. В 2018 году объем выбросов парниковых газов от промышленного сектора снизился на 14,2 % по сравнению с 1990 годом, но увеличился на 4,6 % относительно 2017 года.

По данным Росстата и Росприроднадзора, совокупный объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ в 2019 году составил 22,7 млн. т, что ниже показателя предыдущего года на 29,7 %. Это самый низкий показатель с 2010 года. Основным фактором значительного снижения валового объема выбросов загрязняющих веществ в прошлом году стало существенное сокращение выбросов от передвижных источников - 5,4 млн. т против 15,2 млн. т в 2018 году, при этом выбросы от железнодорожного транспорта лишь незначительно снизились: с 151,3 тыс. т до 148,8 тыс. т (рисунок 2).

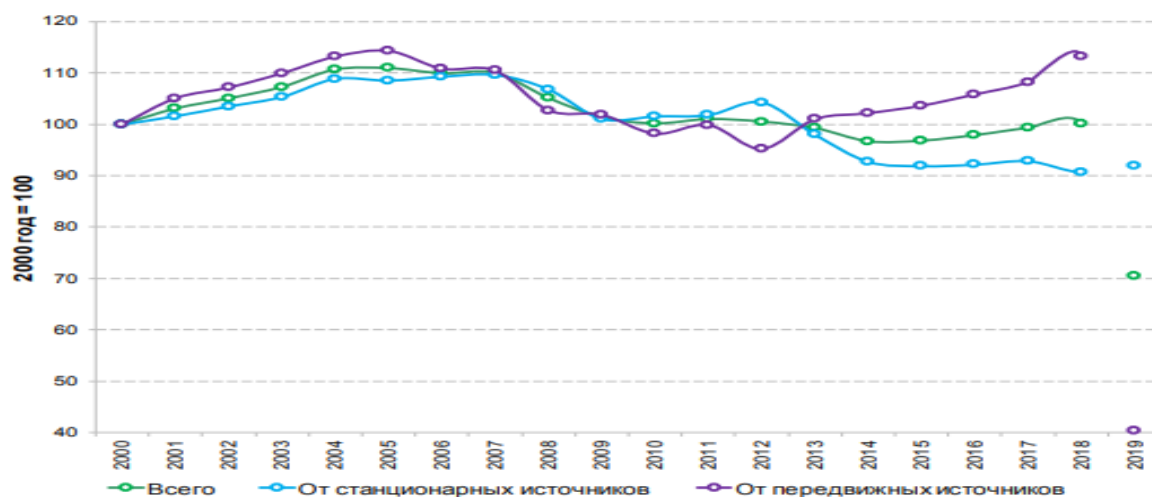


Рисунок 2 - Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, 2000 год = 100, 2000–2019 годы

Согласно оценкам Минприроды России, подобное падение выбросов связано прежде всего с сокращением выбросов оксида углерода: в 2018 году выбросы составили 11,7 млн. т, а в 2019 году уже 3,7 млн. т. Кроме того, вероятнее всего, резкое падение значения показателя связано с изменением системы учета оксида углерода, исходящего от передвижных источников, а также с увеличением количества автомобилей с газовым двигателем.

Совокупные выбросы загрязняющих атмосферу веществ от передвижных источников в России в 2019 году составили 5,4 млн. т. Передвижные источники в России делятся на две группы: автомобильный и железнодорожный транспорт. Доля загрязняющих веществ от автомобильного транспорта составила 97,3 % от общего объема выбросов в стране в 2019 году.

Динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников находится в тесной взаимосвязи с развитием промышленного сектора страны (рисунок 2). В 2019 году промышленное производство продемонстрировало рост на 2,3 %, в то время как объем выбросов от стационарных источников — на 1,3 %.

Также в 2019 году крупнейшим сектором по объему выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников стала обрабатывающая промышленность. Удельный вес в общем объеме выбросов составил 33,9 %, что превышает показатель предыдущего года на 11,9 %, а на добычу полезных ископаемых пришлось 28,7 % (+ 0,3 % по сравнению с 2018 годом). Значительно возросли выбросы от добычи угля (+ 41,5 % по отношению к 2018 году), что обусловлено увеличением экспорта на 2,9 % в годовом выражении до 205,4 млрд. т. Кроме того, рост наблюдался в секторе «обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» на 10,9 %, а в секторе «водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» — на 16,0 % [5].

Кроме того, во время пандемии COVID-19, остановилась производственная деятельность и перемещения по планете, и это привело к уменьшению выбросов на 7 %, следовательно, это должно понизить температуру к 2050 году всего на 0,01 °С.

Согласно оперативным данным Росстата, за первые месяца текущего года было зафиксировано большое количества случаев высокого загрязнения воздуха, например, в январе, феврале и марте этого года часто возникали неблагоприятные метеоусловия, мешающие рассеиванию вредных веществ в таких городах как Бурятия, Забайкальском крае, в Красноярском крае и Хакасии. Кроме того, подобные случаи также были отмечены в Новокузнецке, Комсомольск-на-Амуре, Омске, а также в рабочем поселке Чегдомыне (Хабаровский край), который составляет реальную угрозу здоровью населению. Такие явления, если ничего не делать, будут учащаться и напрямую приводить к неблагоприятным изменениям физического, химического или биологического свойства на окружающую среду и оказывать негативное воздействие на здоровье населения.

Библиографический список.

1. Парижское соглашения (2015) [Электронный ресурс]: сайт.– Режим доступа:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_\(2015\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Парижское_соглашение_(2015)) свободный (дата обращения: 08.02.2020).

2. Россия стала полноправным участником Парижского соглашения по климату [Электронный ресурс]: сайт.– Режим доступа: <https://rg.ru/2019/09/23/rossiia-stala-polnopravnym-uchastnikom-parizhskogo-soglasheniia-po-klimatu.html> /, свободный (дата обращения: 23.09.2019).

3. Как Россия выполняет условия Парижского соглашения [Электронный ресурс]: сайт.– Режим доступа: <https://www.dw.com/ru/chto-grozit-rossii>

iz-za-imitacii-raboty-po-parizhskomu-soglasheniju/a-55912915 /, свободный (дата обращения: 12.12.2020)

4. Кокорин А.О. Анализ факторов и последствий быстрой ратификации Парижского соглашения ведущими странами и его вступления в силу / А.О.Кокорин // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2017. – №2. – С.97-100.

5. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики [Электронный ресурс]: сайт.– Режим доступа: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_web.pdf /, свободный (дата обращения: 12.10.2020)

УДК 37.1

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МЧС

Синицина Е.Ю.

*Национальный горноспасательный центр,
г. Новокузнецк, e-mail: Sinitsina3027@gmail.com*

В статье определено понятие «основы охраны труда в организациях системы МЧС», раскрыты возможности теоретизации процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС (понятия уточнены в широком, узком и локальном смыслах). Выделены идеи изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Ключевые слова: теоретизация, охрана труда, методология, моделирование, идеи, смыслы.

Особенности изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС будут уточнены и определены в контексте идей и смыслов, отраженных в работах [1-3, 6-11], качество деятельности педагогов определяется уровнем и возможностями формирования профессионализма обучающихся в сфере охраны труда [4, 5].

Основы охраны труда в организациях системы МЧС (широкий смысл) – система работы, раскрывающая в методах, средствах и технологиях профессионального становления личности работника системы МЧС, возможность реализации профессиональной деятельности в соответствии с условиями и требованиями организации, региональными возможностями и ограничениями, Мировыми приоритетами в области сохранения здоровья, профессионально-трудовыми отношениями и специфическими ценностями работников системы МЧС.

Основы охраны труда в организациях системы МЧС (узкий смысл) – процесс целостного осмысления и модернизации решений задач и проблем обеспечения качества деятельности работников системы МЧС.

Основы охраны труда в организациях системы МЧС (локальный смысл) – ситуативная модель и процедура оптимизации решений задач обеспечения качества деятельности работников системы МЧС.

Теоретизация процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС (широкий смысл) – система интеграции образования, науки и МЧС, гарантирующая своевременность обновления и уточнения составляющих процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Теоретизация процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС (узкий смысл) – продукт целостного осмысления качества оказания услуг аварийно-спасательной деятельности, гарантирующий повышения уровня жизнеспособности населения с учетом требований современности и общекультурными условиями гуманизма, здоровьесбережения и профессионализма.

Теоретизация процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС (локальный смысл) – механизм оптимизации качества деятельности работника системы МЧС.

Идеи изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС – ценностно-смысловые модели и конструкты современной профессиональной деятельности работников МЧС, раскрывающие нюансы и перспективы обеспечения качества выявления и решения проблем самоорганизации и функциональности МЧС.

Идеи изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС:

- идея наукообразности и теоретизации основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- идея обеспечения функциональности и гибкости изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- идея ответственности и дисциплинированности в реализации политики структурных подразделений системы МЧС;
- идея профессионализма и конкурентоспособности в унификации и персонификации продуктивного установления личности;
- идея синергетической корректности теории управления в организации системы МЧС;
- идея оздоровления системы взаимоотношений в обществе на основе культурно-исторических традиций и инновационных решения проблем и задач развития личности и общества;
- идея гарантированной поддержки личности в чрезвычайных ситуациях со стороны государства;
- идея позиционирования смыслов самоорганизации и самосохранения общества;
- идея воспитания ценностей и приоритетов государственного суверенитета;
- идея развития и всестороннего мониторинга качества деятельности системы МЧС.

В следующих работах мы рассмотрим составляющие и продукты изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Библиографический список

1. Голенских, С.А. Национальные проекты и охрана труда / С.А. Голенских // Кадровик. 2020. № 12. С. 97-100.
2. Ержаканова, Л.Л. Формы и методы критериального оценивания студентов по дисциплине "Охрана труда и окружающей среды" / Л.Л. Ержаканова // Педагогическая наука и практика. 2020. № 2 (28). С. 100-104.
3. Золочевский, И.С. Охрана труда: международные и европейские требования / И.С. Золочевский // Крымский Академический вестник. 2020. № 13. С. 64-69.
4. Коновалов, С.В. Профессионализм личности как универсальная категория современного образования / С.В. Коновалов, Н.А. Козырев, О.А. Козырева // Бизнес. Образование. Право. 2019. № 2 (47). С.334–343. DOI: 10.25683/VOLBI.2019.47.203.
5. Коновалов, С.В. Теоретико-методологические возможности использования педагогического моделирования в системе педагогического и инженерно-технического образования / С.В. Коновалов, Н.А. Козырев, О.А. Козырева // Вестник Удмуртского университета. Серия Философия. Психология. Педагогика. 2019. Т. 29. № 1. С. 72-86.
6. Низова, Л.М. Охрана труда как фактор повышения благополучия кадров предприятия / Л.М. Низова, Е.А. Андреева // Кадровик. 2020. № 1. С. 77-82.
7. Низова, Л.М. Охрана труда как фактор повышения благополучия кадров предприятия / Л.М. Низова, Е.А. Андреева // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2020. № 9. С. 53-58.
8. Охрана труда по новым правилам // Вестник связи. 2021. № 2. С. 19.
9. Порочкин, Д.Б. Ремонтные работы на предприятии и охрана труда / Д.Б. Порочкин // Водоочистка. 2021. № 1. С. 76-79.
10. Прудченко, Л.В. Использование элементов инновационных образовательных технологий при преподавании дисциплины "Охрана труда" / Л.В. Прудченко // Вестник профессионального образования: научно-методический журнал. 2020. № 1 (13). С. 96-102.
11. Съемщиков, С.Е. Охрана труда – 2020 / С.Е. Съемщиков // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2020. Т. 1. № 7. С. 266-267.

МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МЧС

Синицина Е.Ю.

*Национальный горноспасательный центр,
г. Новокузнецк, e-mail: Sinitsina3027@gmail.com*

В статье определены модели и технологии изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС. Уточнены понятия «модель изучения основ охраны труда», «технология изучения основ охраны труда», «модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС», «технология изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС».

Ключевые слова: МЧС, охрана труда, технология, модель, моделирование, детерминация.

Модели и технологии изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС определяется значимыми конструкторами современной теории управления развития профессионализма личности.

Выделяя в качестве основных идей научного поиска и научно-педагогического исследования положения об управляемости и корректности уточнения моделей изучения основ охраны труда [1, 8, 11], определим основные понятия предметной области «Основы охраны труда» через уточнения основных моделей и технологий изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Модель изучения основ охраны труда – основное идеально создаваемое знание, используемое и корректируемое в структуре реализации профессионально-трудовых функций определенного типа профессиональной деятельности.

Технология изучения основ охраны труда – совокупность средств и методов, в системе отображающая возможность реализации цели изучения основ охраны труда.

Модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС – основное идеально создаваемое новое научное знание, используемое и корректируемое в структуре реализации профессионально-трудовых функций работника системы МЧС определенного структурного подразделения с фиксированными трудовыми функциями, трудовыми действиями и типами реализации трудовых отношений и обязанностей в профессиональной деятельности.

Технология изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС – совокупность методов и средств изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС, гарантирующее вариабельности постановке цели получения оптимально высоких результатов формирования и реализации трудовых функций, трудовых действий и типов реализации трудовых отношений и обязанностей в профессиональной деятельности.

Модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС [1-11]:

- адаптивная модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- игровая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- классическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- инновационная модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- гносеолого-смысловая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- мотивационно-потребностная модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- синергетическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- уровневая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- аксиологическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- гуманистическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- технологическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- функциональная модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- системно-деятельностная модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- культурологическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- историческая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- дихотомическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- диалектическая модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- информационная модель изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС и др.

Технология изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС состоит из следующих элементов:

- проблема изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- изучение классических основ охраны труда в организациях системы

МЧС;

- разработка новых форм, методов, средств, технологий, программного сопровождения изучения основ охраны труда в организации системы МЧС;

- проверка эффективности и коррекция качества решения задач и проблем изучения основ охраны труда в организации системы МЧС;

- проверка цели и ее соответствия результатам разработанных форм, методов, средств, технологий, программного сопровождения изучения основ охраны труда в организации системы МЧС;

- внедрение эффективных разработок в систему структурных подразделений системы МЧС.

Библиографический список

1. Голенских, С.А. Национальные проекты и охрана труда / С.А. Голенских // Кадровик. 2020. № 12. С. 97-100.

2. Ержаканова, Л.Л. Формы и методы критериального оценивания студентов по дисциплине "Охрана труда и окружающей среды" / Л.Л. Ержаканова // Педагогическая наука и практика. 2020. № 2 (28). С. 100-104.

3. Золочевский, И.С. Охрана труда: международные и европейские требования / И.С. Золочевский // Крымский Академический вестник. 2020. № 13. С. 64-69.

4. Коновалов, С.В. Профессионализм личности как универсальная категория современного образования / С.В. Коновалов, Н.А. Козырев, О.А. Козырева // Бизнес. Образование. Право. 2019. № 2 (47). С.334–343. DOI: 10.25683/VOLBI.2019.47.203.

5. Коновалов, С.В. Теоретико-методологические возможности использования педагогического моделирования в системе педагогического и инженерно-технического образования / С.В. Коновалов, Н.А. Козырев, О.А. Козырева // Вестник Удмуртского университета. Серия Философия. Психология. Педагогика. 2019. Т. 29. № 1. С. 72-86.

6. Низова, Л.М. Охрана труда как фактор повышения благополучия кадров предприятия / Л.М. Низова, Е.А. Андреева // Кадровик. 2020. № 1. С. 77-82.

7. Низова, Л.М. Охрана труда как фактор повышения благополучия кадров предприятия / Л.М. Низова, Е.А. Андреева // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2020. № 9. С. 53-58.

8. Охрана труда по новым правилам // Вестник связи. 2021. № 2. С. 19.

9. Порочкин, Д.Б. Ремонтные работы на предприятии и охрана труда / Д.Б. Порочкин // Водоочистка. 2021. № 1. С. 76-79.

10. Прудченко, Л.В. Использование элементов инновационных образовательных технологий при преподавании дисциплины "Охрана труда" / Л.В. Прудченко // Вестник профессионального образования: научно-методический журнал. 2020. № 1 (13). С. 96-102.

11. Съемщиков, С.Е. Охрана труда – 2020 / С.Е. Съемщиков // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2020. Т. 1. № 7. С. 266-267.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МЧС

Синицина Е.Ю.

*Национальный горноспасательный центр,
г. Новокузнецк, e-mail: Sinitsina3027@gmail.com*

В статье выделены проблемы и перспективы изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС. Раскрыты составляющие теоретизации проблем и перспектив изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Ключевые слова: МЧС, охрана труда, технология, проблема, моделирование, перспективы.

Основы охраны труда гарантируют личности повышения качества реализации трудовых функций и трудовых действий в соответствии с нормами трудового права, трудового законодательства, трудовых взаимоотношений в рамках заключенного и реализуемого трудового договора.

Основы охраны труда одна из значимых ценностей и продуктов развития антропологически обусловленных отношений в профессиональном становлении личности работника системы МЧС.

Современные представления и способы выявления проблем изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС позволят повысить эффективность управления социальным благополучием различных сред.

Проблемы и перспективы изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС [1-7] является неотъемлемым звеном научного поиска научной теоретизации процесса управления качеством изучения основ охраны труда как базового знания работников аварийно-спасательной системы.

Выделим проблемы изучения основ охраны труда в организации системы МЧС.

Проблемы изучения основ охраны труда в организации системы МЧС – это несоответствия и противоречия, выделяемые в структуре изучения основ охраны труда в организации системы МЧС.

Проблемы изучения основ охраны труда в организации системы МЧС будут выделены между:

- теорией и практикой изучения основ охраны труда в организации системы МЧС;
- авторитетом педагога и доступностью объяснения материала по основам охраны труда в организации системы МЧС;
- разработанностью форм, методов, средств, технологий изучения основ охраны труда в организации системы МЧС и надежностью использования в соответствии условиями нормального распределения способностей

(распределение Гаусса);

- уникальностью решения задач охраны труда в организации системы МЧС и перспективностью использования;
- целостностью представлений о процессе изучения основ охраны труда в системе МЧС и возможностью технологизации;
- воспроизводимостью программного обеспечения по теории охраны труда и уровнем формируемого профессионализма и пр.

Перспективы изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС – новые направления теории охраны труда гарантирующие возможность обеспечения качества решения проблем изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Перспективы изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС:

- разработка новых задач и программного сопровождения курса «Основы охраны труда» для работников различных структурных подразделений для МЧС;
- мониторинг качества изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- коррекция различных проблем и их решений в теории охраны труда как базовой профессиональной дисциплины работников МЧС;
- использование технологий фасилитации и педагогической поддержки в условиях учебного центра системы аварийно-спасательной деятельности;
- технологизация процесса управления качеством реализации моделей и технологий изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- функциональное обновление стандартов профессиональной деятельности в соответствии с введенными инновациями;
- программирование новых приоритетов и тактик, стратегии и алгоритмов изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- обоснование значимости и направленности уточнения и коррекции изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- обеспечение социальной безопасности и профессионального благополучия личности в системе профессиональных трудовых отношений в МЧС;
- обогащения внутреннего мира личности, технологиями психорелаксации и психокоррекции;
- возрастосообразность профессионального решения задач интеграции образования науки и культуры в теории охраны труда и пр.

Выделим педагогические условия обеспечения эффективности управления процессом теоретизации изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Педагогические условия обеспечения эффективности управления процессом теоретизации изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС – совокупность системно выделяемых моделей регламентирующих успешность постановки проблемы изучения основ охраны труда в организа-

циях системы МЧС, ее унификации и программирования алгоритмически целесообразных продуктов решений в модели современного образования в системе МЧС.

Педагогические условия обеспечения эффективности управления процессом теоретизации изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС:

- наукообразность в теоретизации процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- последовательность, системность, систематичность изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- целостность и фундаментальность научно-определяемого потенциалом изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- синхронность и детализации составляющих процесса изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- интеграция образования, науки, культуры в управлении качеством в технологизации изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- уровневая, возраста-сообразное уточнение модели изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- использование технологий адаптивно-репродуктивного, креативно-репродуктивного потенциала изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС;
- обеспечение нужного уровня профессионализма в преподавании основ охраны труда;
- включенность личности в систему непрерывного образования как гаранта стабильности и успешности личности в выстраиваемой профессиональной карьере в системе МЧС;
- инновационное уточнение составляющих изучения основ охраны труда в организациях системы МЧС.

Библиографический список

1. Голенских, С.А. Национальные проекты и охрана труда / С.А. Голенских // Кадровик. 2020. № 12. С. 97-100.
2. Ержаканова, Л.Л. Формы и методы критериального оценивания студентов по дисциплине "Охрана труда и окружающей среды" / Л.Л. Ержаканова // Педагогическая наука и практика. 2020. № 2 (28). С. 100-104.
3. Золочевский, И.С. Охрана труда: международные и европейские требования / И.С. Золочевский // Крымский Академический вестник. 2020. № 13. С. 64-69.
4. Коновалов, С.В. Теоретико-методологические возможности использования педагогического моделирования в системе педагогического и инженерно-технического образования / С.В. Коновалов, Н.А. Козырев, О.А. Козырева // Вестник Удмуртского университета. Серия Философия. Психология. Педагогика. 2019. Т. 29. № 1. С. 72-86.

5. Низова, Л.М. Охрана труда как фактор повышения благополучия кадров предприятия / Л.М. Низова, Е.А. Андреева // Кадровик. 2020. № 1. С. 77-82.

6. Порочкин, Д.Б. Ремонтные работы на предприятии и охрана труда / Д.Б. Порочкин // Водоочистка. 2021. № 1. С. 76-79.

7. Прудченко, Л.В. Использование элементов инновационных образовательных технологий при преподавании дисциплины "Охрана труда" / Л.В. Прудченко // Вестник профессионального образования: научно-методический журнал. 2020. № 1 (13). С. 96-102.

УДК 614.777

ВЛИЯНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ, НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ

Силинский В.А.

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Соколов Л.И.

*Вологодский государственный университет,
г. Вологда, e-mail: viktor.silinsky@yandex.ru*

Представлены результаты исследований дезинфектанта, полученного методом электролиза из подземных природных вод. Оценено влияние электролитического гипохлорита натрия на органолептические и физико-химические показатели питьевой воды.

Ключевые слова: гипохлорит натрия, запах, мутность, цветность, содержание хлоридов и азота, перманганатная окисляемость, остаточный активный хлор.

Объектом данного исследования явилось природное сырьё – минерализованные воды подземных источников Вологодской области: артезианская скважина № 4/90, расположенная в пределах месторождения "Турундаевское", глубиной 900,0 м, с концентрацией хлоридов в воде до 200г/л и артезианская скважина санатория «Новый источник», глубиной 500 м, с концентрацией хлоридов до 20 г/л. Для сравнения в экспериментах использовали приготовленные в лабораторных условиях 3 %-5 %-ные растворы поваренной соли, наиболее часто применяемые для получения низкоконтрированного гипохлорита натрия [1]. Трех-пятипроцентные растворы готовились на водопроводной де-хлорированной воде из пищевой поваренной соли первого сорта.

Показателями влияния гипохлорита натрия (ГХН) на органолептические свойства воды служили запах, привкус, цветность и мутность [2]. Запах и привкус оценивали бригадным методом в лаборатории по общепринятой 5-

балльной системе [3]. Цветность и мутность определяли фотометрически. Серия опытов ставилась на дехлорированной водопроводной воде, речной воде, а также обработанной жидким хлором и гипохлоритом натрия (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Запах воды, обработанной жидким хлором с различными дозами

Доза активного хлора, мг/л	Запах при t=20°C/60°C					
	1	2	3	4	5	среднее
2,7	3/2	2/2	1/2	2/2	2/1	2/2
2,1	2/2	2/1	1/3	3/2	2/2	2/2
2,3	1/2	3/1	2/3	2/2	2/2	2/2
2,0	2/2	1/2	2/1	3/2	2/2	2/2

Таблица 2 – Запах воды после обработки ее гипохлоритом натрия с различными дозами

Доза ГХН, мг/л	Запах при t=20°C/60°C					
	1	2	3	4	5	среднее
4	1/2	2/1	2/2	½	2/3	2/2
8	2/2	1/2	3/2	3/1	2/2	2/2
12	2/2	2/2	2/2	2/3	3/2	2/2
16	2/2	3/2	3/3	2/3	3/3	3/3

При введении в воду раствора полученного ГХН с различными дозировками по активному хлору 4-16 мг/дм³ вода приобретала специфический запах хлора. Этот запах интенсивностью в один-два балла отмечался при концентрации активного хлора 4-6 мг/дм³, 2-3 балла – при концентрации 7-16 мг/дм³ в зависимости от продолжительности контакта 30-60 мин остаточный хлор колебался в пределах от 0,7 до 0,8 мг/дм³ соответственно внесенным дозам и продолжительности экспозиции. Привкус на всех этапах эксперимента оставался интенсивностью 1 балл и обнаруживался при остаточных концентрациях хлора 0,7-0,8 мг/дм³ в зависимости от продолжительности экспозиции и дозы введенного активного хлора. В опытах с речной водой испытывались дозы с содержанием активного хлора от 2 до 3 мг/дм³ (при применении газообразного хлора) и 4 -16 мг/дм³ (при применении ГХН). Запах исходной речной воды определялся на уровне 2-3 баллов. В результате обработки воды раствором ГХН в дозах, обеспечивающих эффективное обеззараживание, через 30-60 мин. контакта вода приобретала специфический запах хлора интенсивностью 3 балла, если остаточный хлор обнаруживался в концентрации выше 0,5 мг/дм³. При обработке раствором ГХН дозами активного хлора 3-4 мг/дм³ цветность воды не изменялась, с увеличением дозы до 5-8 мг/дм³ она снижалась на 2-3°, причем, действие ГХН на нее было аналогично действию газообразного хлора. Исходная мутность речной воды, использованной в экспериментах, колебалась в пределах 8-10 мг/дм³. При обеззараживании речной

воды ГХН и газообразным хлором (дозы активного хлора – 1-4 мг/дм³) мутность воды оставалась на уровне исходной воды. При обработке воды в традиционном режиме по технологической схеме, включающей первичное и вторичное обеззараживание ГХН, коагулирование, отстаивание и фильтрование, в октябре 2020 года цветность (Ц) и мутность (М) (при исходных Ц=80 град ПКШ, М=10 мг/л) менялись следующим образом: цветность после коагуляции составляла от 10,5 град ПКШ до 14,3 град ПКШ, среднее значение – 12,4 град ПКШ; мутность после коагуляции составляла от 1,05 мг/л до 12,3 мг/л, среднее значение – 4,3 мг/л. После фильтрования на скорых фильтрах: цветность менялась в пределах от 8 до 13 град ПКШ, среднее значение – 11; мутность изменялась от 0,1 до 0,77 мг/л, среднее значение – 0,23.

Остаточный активный хлор (свободный и связанный) в мг/л после полной обработки воды по указанной схеме изменялся в пределах от 0,55 до 1,12 мг/л, среднее значение – 0,81 мг/л.

Средние значения установлены выборкой из 30 наблюдений.

Наряду с изучением влияния ГХН, полученного из минерализованной воды, на органолептические свойства питьевой воды проводились эксперименты по определению воздействия данного хлорсодержащего дезинфектанта на физико-химические свойства исследуемой воды [4]. Было поставлено три серии опытов продолжительностью от 1 до 10 суток на дехлорированной и речной воде. Определялась окисляемость в качестве интегрального показателя, позволяющего установить всю сумму мигрирующих веществ. Кроме того, воду анализировали на содержание в ней хлоридов. Испытывались дозы 2, 4, 8, 16 мг/дм³ активного хлора. Результаты исследований по определению окисляемости обработанной хлором воды в сравнении с исходной водой представлены в табл.3.

Таблица 3 – Изменение перманганатной окисляемости после хлорирования

Доза активного хлора	Перманганатная окисляемость исходная, мг О ₂ /дм ³	Перманганатная окисляемость после хлорирования, мг О ₂ /дм ³
2,0	16	4,1
2,1	16	3,8
2,3	16	3,5
2,7	16	3,3

Что касается хлоридов в воде, то, начиная с дозы 4,0 мг/дм³, отмечалось их увеличение до 4,27 мг/л, а при дозах 8 и 16 мг/дм³ концентрация хлоридов повышалась в 2-2,3 раза в зависимости от дозы активного хлора и продолжительности экспозиции. Опыты на дехлорированной водопроводной воде с дозами активного хлора 2-3 мг/дм³ выявили, что перманганатная окисляемость, а также концентрация хлоридов оставались без существенных изменений и не отличались от данных контроля. Только, начиная с дозы 4.0 мг/дм³ и выше, отмечалось незначительное увеличение хлоридов. В опытах

на речной воде проводилась сравнительная оценка влияния раствора ГХН и газообразного хлора на физико-химические показатели воды. Испытывались дозы активного хлора 2-3 и 9 мг/дм³. Определялось содержание восстановителей (окисляемость), хлоридов, азота аммиака, азота нитратов, рН и хлороформа. Колебания рН исходной речной воды и воды, обработанной газообразным хлором, определялись в пределах 7,16-7,57. При введении растворов ГХН в дозах 3,0 и 9,0 мг/дм³ активного хлора отмечалось незначительное увеличение рН до 7,6-7,9. Перманганатная окисляемость речной воды составляла 8,8-16,0 мгО₂/дм³. При внесении в воду исследуемого ГХН в дозе 3,0 мг/дм³ активного хлора наблюдалось снижение окисляемости на 20-27 % по сравнению с исходной водой. С увеличением дозы до 9,0 мг/дм³ дальнейшего снижения окисляемости не наблюдалось. Сходная картина наблюдалась и при обработке воды газообразным хлором. В речной воде обнаруживались хлориды в концентрации 8,0-10,0 мг/дм³. При внесении в воду раствора ГХН в дозе 9,0 мг/дм³ активного хлора наблюдалось незначительное увеличение хлоридов до 11-12 мг/дм³. Содержание азота аммиака в воде, обработанной дезинфектантом ГХН, существенно не отличалось от показателей исходной воды и составило 0,41-0,50 мг/дм³. Некоторое снижение (до 0,33-0,36 мг/дм³) наблюдалось при дозе 9,0 мг/дм³. Содержание азота нитритов в обработанной воде оставалось на уровне исходной воды.

Библиографический список

1. Basudan SO. Sodium hypochlorite use, storage, and delivery methods: A Survey. Saudi Endod J 2019;9:27-33.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3-х т. Т.2 Очистка и кондиционирование природных вод. – изд.3-е, перераб. и доп.: учеб. пособие. – М.: АСВ, 2010, с 449-450.
4. NejadShamsi P, Atash Biz Yeganeh L, VadiatiSaber B, ForghanParast K, TaghaviKashan A. Antibacterial Effect of Sodium Hypochlorite Gel and Solution on Enterococcus faecalis, 3DJ 2017;6(1):27-30.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОТХОДЫ ОТ ОАО «ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ТЭЦ» И ВАРИАНТЫ ИХ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Галеева А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

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

В работе представлен обзор основных тенденций применения золошлаковых отходов, образующихся на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Рассмотрены состав золошлаковых отходов и основные области их дальнейшего применения.

Ключевые слова: золошлаковые, отходы, зола уноса, шламохранилище, шлам.

Культура природопользования на сегодняшний день далека от идеала, но тем не менее многие промышленные предприятия всё больше проявляют заинтересованность в снижении производственных отходов. Предприятия сотрудничают с научно-исследовательскими институтами, где разрабатываются эффективные методы очистки, переработки и утилизации отходов.

В России активно перенимается зарубежный опыт повторного использования отходов производства в защиту окружающей среды. Многие предприятия Российской Федерации разрабатывают мониторинги по контролю выбросов промышленных отходов и воздействию их на окружающую среду. Западно-Сибирский металлургический комбинат (ЗСМК) прогрессивное предприятие, которое не только заботится об охране окружающей среды, но и рассматривает варианты вторичного использования отходов промышленного производства.

Золошлаковые отходы ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ» (ЗС ТЭЦ) как и многих других теплоэлектростанций (ТЭС) сжигающих уголь Кузнецкого бассейна по составу будут похожи, в них находится большое количество химических веществ пригодных для вторичной переработки, которая принесёт предприятию дополнительный доход [1].

Цель статьи – рассмотреть варианты вторичного использования производственных отходов от ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ».

ЗС ТЭЦ – энергетическое предприятие города Новокузнецка, мощностью 600 МВт, расположенное на территории АО «ЕВРАЗ ЗСМК». ЗС ТЭЦ обеспечивает отоплением и горячим водоснабжением металлургический комбинат, Заводской и Новоильинский районы. Электрическую энергию выдаёт в энергосистему «Кузбассэнерго».

Часть котлов ЗС ТЭЦ оборудованы мокрыми золоуловителями марки М-ВТИ со степенью очистки дымовых газов от золы 98,3 %. Золоуловитель

состоит из двух основных элементов: трубы Вентури и каплеуловителя. Золоулавливание основано на улавливании золовых частиц на каплях орошающей воды, распылённой в трубе Вентури, а также крупнофракционных золовых частиц в каплеуловителе. Золовые частицы смываются с внутренней поверхности каплеуловителя орошающей водой в сливной патрубков и через гидрозатвор удаляются в канал гидрозолоудаления. Далее в шандорный приямок, откуда откачивается с помощью четырёх багерных насосов по трём золопроводам на шламохранилище АО «ЕВРАЗ ЗСМК». В результате на шламохранилище образуется пена, которая потом собирается и экспортируется.

Рассмотрим некоторые варианты использования золошлаковых отходов (ЗШО).

Как известно, ЗШО содержат большое количество ценных компонентов Таблица 1, [1], и их переработка позволяет получить различные виды товарной продукции. Так из отходов можно извлекать алюминий, железо и титан [1]. Из золоотходов, применяя комплексную схему переработки, можно выделить алюмосиликатные микросферы, магнитную и тяжелую фракции, инертную массу алюмосиликатного состава, золото, угольный концентрат и редкоземельные элементы [2].

Таблица 1. Состав золошлаковых отходов, полученных при сжигании Кузнецкого угля складированных на золошлакоотвале Казанской ТЭЦ-2

Наименование пробы	Содержание компонентов, % (масс.)			Содержание компонентов в минеральной массе, % (масс.)							
	N	C	H	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	TiO ₂	CaO	MnO
ЗШО с золоотвала	1,85	26,43	0,32	57,82	22,85	9,59	0,46	1,92	0,84	3,34	0,14
ЗШО измельченные	2,38	22,69	0,43	58,75	22,49	9,69	0,46	1,87	0,84	3,10	0,14

Самые ценные и востребованные компоненты золы, это алюмосиликатные полые микросферы (АСПМ). АСПМ представляют собой полые, практически идеальной формы силикатные шарики. Содержание микросфер в ЗШО составляет примерно 1 %. Достаточно много исследований посвящено извлечению АСПМ, представляющих собой ценный продукт для использования в производстве бетонов, керамических, полимерных материалов [2]. Одним из способов их выделения из золы уноса является применение метода аэродинамической классификации с последующей мокрой магнитной сепарацией. Это позволяет разделить АСПМ на магнитные и немагнитные узкие фракции.

Применяя способ магнитной сепарации, выделяют железосодержащий концентрат для черной металлургии, что позволяет использовать золоотходы

как в сухом, так и в мокром состоянии [3]. Применение фторидного метода позволяет выделять из электромагнитной фракции глинозем, аморфный кремнезем, диоксид железа и другие продукты [4]. Продуктами спекания золы уноса со шламовыми отходами алюминиевого производства являются криолит – глиноземный концентрат – и глинозем для получения алюминия [3].

Комплексное выщелачивание позволяет извлечь из золы уноса 49 % лантана, 45 % иттрия и 75 % скандия. Перспективным способом извлечения редких и редкоземельных металлов является воздействие на золошлаковые отходы импульсного и непрерывного электромагнитного микроволнового излучения, что позволит ускорить процесс выщелачивания ценных компонентов. Кроме того, в золошлаках в тонком и сверхтонком состоянии присутствует золото и металлы платиновой группы, которые можно извлечь, используя многостадийную технологическую схему переработки отходов.

Золошлаковые материалы обладают высокой поглощательной способностью и термической устойчивостью, их можно использовать в качестве сорбентов паров азотной кислоты. Зола уноса в потоке дымовых газов топливосжигающих устройств снижает содержание в них оксидов азота за счет адсорбции данных газов на поверхности золы [1].

Для очистки сточных и поверхностных вод от нефти и нефтепродуктов так же применяют золу уноса. Вводя золу уноса в состав комплексного реагента очищают водные растворы от катионов алюминия и переводят концентрат алюминия в твердую фазу для его дальнейшего использования. Максимальная поглотительная способность золы составляет порядка 5 мг тяжелых металлов (свинец, медь, кадмий, цинк и хром) на грамм золы, что делает ее хорошим адсорбентом для водоемов. Алюмосиликатные микросферы обладают сорбционными свойствами по отношению к тяжелым металлам, поэтому они пригодны для очистки сточных вод, прежде всего от ионов железа [2]. А термически активированные АСПМ способны поглощать из водных растворов фенол и нефть [3].

Высокими адсорбционными характеристиками обладают цеолиты. Для получения цеолитов из золы уноса можно проводить ее разделение, а также вводить в ее состав добавки. Зола уноса ТЭС является перспективным цеолитным материалом по отношению к катионам стронция, бария и аммония и для адсорбции свинца, цинка и хрома.

Зольные отходы тепловых электростанций перспективны для получения мезопористых кварцевых материалов. Они пригодны для удаления макромолекул загрязнителей, а также используются в качестве катализаторов в органической химии [2]. Дешевый мезопористый материал с величиной удельной поверхности $282 \text{ м}^2/\text{г}$ и размером пор порядка $5,7 \text{ нм}$ эффективно сорбирует сульфат-ионы из водных растворов, превосходя по данному показателю все известные адсорбенты. Также методом выщелачивания получен мезопористый материал с удельной поверхностью $585,02 \text{ м}^2/\text{г}$, объемом пор $0,54 \text{ см}^3/\text{г}$ и размером пор от 2 до 10 нм, пригодный для широкого применения.

Наибольшее распространение получило использование ЗШО в строительных материалах. Для производства цемента с минеральными добавками вводят в его состав 15 % кислых ЗШО, что позволяет получать материалы хорошего качества с высокими прочностными показателями.

Отходы ТЭЦ можно использовать для различных видов бетонов. Бетоны на основе зольных цементов по показателям водонепроницаемости лучше бетонов на обычном цементе. Используя ЗШО в естественном состоянии, можно получать тяжелые бетоны марки В30, а в молотом состоянии – мелкозернистые бетоны марки В25.

Зола уноса пригодна для получения вяжущих гипсовых материалов. Добавка ее в сырьевую смесь в количестве до 20% приводит к повышению водостойкости и прочности полученных композиций [3].

Для экономии энергетических и минеральных ресурсов при производстве строительных материалов хорошим решением является использование ЗШО для изготовления керамического кирпича. Повышенное содержание мелкодисперсных частиц в составе шихты (до 50 %) положительно влияет на морозостойкость и водопоглощение кирпича.

В процесс производства керамической плитки также могут быть использованы отходы ТЭЦ.

Легковесный кирпич из шихты содержащей золу и межсланцевую глину, пористый наполнитель (керамзит), блочные теплоизоляционные материалы с теплопроводностью 0,05 Вт/(м К) полученные из отходов полистирола, золы уноса, гипса и извести, пеностекло [5] – перспективные направления использования ЗШО в строительных материалах.

Дорожное строительство – отрасль где золошлаковые отходы тепловых электростанций являются универсальным материалом. Их можно использовать для устройства оснований и всех слоев автомобильных дорог, для отсыпки дорожных насыпей, в качестве компонента вяжущих материалов для укрепления грунтов. Зола уноса является перспективным материалом для использования в качестве минерального порошка при приготовлении цементобетона и асфальтобетонной смеси.

Актуальным направлением для нашего региона является использование золошлаковых отходов в приготовлении смесей для заполнения земляных выработок при ведении добычных работ. Изученные свойства золошлаковых отходов как техногенных грунтов - позволяют использовать их для устройства оснований зданий и сооружений. Зола уноса, обладая низкой степенью пучинистости, может применяться как основание под фундаменты зданий.

Отходы тепловых электростанций можно использовать в сельском хозяйстве в качестве удобрений, т.к. они содержат большое количество ценных микроэлементов и оксидов, а в лесном хозяйстве, для рекультивации земель. Они улучшают водно-физические и агрохимические показатели почв, являются хорошим калийным удобрением. Наибольшая концентрация микроэлементов наблюдается в немагнитной фракции золы, которую рекомендуют для ис-

пользования в качестве гранулированных, обогащенных связанным азотом микроудобрений, пролонгированного действия [4]. Росту растений и накоплению в них макро- и микроэлементов, повышению урожайности культур, способствует внесение золы уноса в почву в определенных концентрациях.

Золошлаковые отходы могут найти применение при рекультивации нарушенных земель, что очень актуально для нашего региона. В работе показано, что смесь отходов с активным илом очистных сооружений образует плодородный гумусовый слой для произрастания различных видов растений [5].

Золошлаковые отходы тепловых электростанций представляют собой универсальный материал для использования в различных отраслях промышленности и получать из их ценных компонентов различные виды продукции такие как: ценные и редкоземельные металлы, строительные материалы, сорбенты, удобрения и др. Такой вывод можно сделать из анализа научных публикаций российских и зарубежных авторов.

Использование отходов теплоэнергетики в промышленности позволит создавать безотходные производства, сократить количество отходов на золоотвалах, предотвратить складирование новых партий, и снизить нагрузку топливно-энергетического комплекса на окружающую среду.

Библиографический список

1. Мингалеева Г.Р., Шамсутдинов Э.В., Афанасьева О.В., Федотов А.И., Ермолаев Д.В. Современные тенденции переработки и использования золошлаковых отходов ТЭС и котельных // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=16475> (дата обращения 20.02.2020).
2. Черепанов А.А., Кардаш В.Т. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ (результаты лабораторных и полупромышленных испытаний) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. № 2. С. 98–115.
3. Алексейко Л.Н., Таскин А.В., Черепанов А.А., Юдаков А.А. Комплексная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ гг. Хабаровск и Биробиджан // Современная наука. Исследования, идеи, результаты, технологии. 2016. № 1 (17). С. 22–34.
4. Черкасова Т.Г., Черкасова Е.В., Тихомирова А.В., Бобровникова А.А., Неведров А.В., Папин А.В. Угольные отходы как сырье для получения ценных и рассеянных элементов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 6. С. 185–189.
5. Ксенофонтов Б.С., Буторова И.А., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С., Петрова Е.В., Воропаева А.А. Золошлаки – перспективное сырье для получения редкоземельных металлов // Экология и промышленность России. 2014. № 4. С. 9–13. DOI: 10.18412/1816-0395-2014-4-9-13.

**СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЙ БАССЕЙН В РЕЗУЛЬТАТЕ
ВОВЛЕЧЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ШЛАМОХРАНИЛИЩА
АО «ЕВРАЗ ЗСМК» В ОБОРОТНЫЙ ЦИКЛ**

Галеева А.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

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

В работе рассмотрена действующая дренажная система шламоохранилища АО «ЕВРАЗ ЗСМК», а также проектное решение по уменьшению сбросов.

Ключевые слова: сброс, отходы, пульпа, шламоохранилище, шлам, дренаж.

Шламоохранилище АО «ЕВРАЗ ЗСМК» предназначено для складирования отходов металлургического производства и углеотходов, поступающих с углеобоготительного цеха коксоаглодоменного производства (УОЦ КАДП), Западно-Сибирской ТЭЦ (ЗС ТЭЦ), ЦОФ «Кузнецкая» и сторонних организаций. Отходы не токсичны, IV и V классов опасности. Основными видами отходов являются: шламы газоочистки конвертеров, доменных печей, порода от обогащения, шлам процесса обогащения, золошлаки от сжигания углей.

Шламование хозяйство включает в себя собственно шламоохранилище, пруд вторичного отстаивания, 4 пульпонасосные станции, объединённую насосную станцию, магистральные и разводящие пульповоды, водоводы осветлённой воды и сифонный водосброс.

Площадь действующего шламоохранилища ограничена ограждающей дамбой длиной 5200 м. Ограждающая дамба насыпная, неоднородная – включает первичную дамбу из суглинка высотой 6-8 м и несколько ярусов дамб наращивания, отсыпанных в основном из конверторного шлака, а также из углеотходов и доменного шлака [1].

С северной стороны к шламоохранилищу примыкает пруд вторичного отстаивания. Шламование пульпа отстаивается в шламоохранилище, осветлённые сточные воды направляются в пруд для доочистки. Установлен сифонный водосброс, через который излишки осветлённой воды сбрасываются в водоотводящий канал (выпуск № 2), откуда вместе с потоком фильтрационных вод из тела дамбы отводятся в озеро Узкое и далее в реку Есаулку [2].

По всему периметру шламоохранилища и пруда вторичного отстаивания устроена дренажная канава. В теле дамбы выполнен внутренний пластиковый дренаж из щебня доменного шлака с выходами в дренажную канаву. Дренажные воды шламоохранилища собираются сетью дренажных канав,

траншей и коллекторов, и далее с помощью трёх дренажных станций с напорными и подводящими водоводами возвращаются в оборотную систему предприятия [3].

Схема шламохранилища, а также размещение дренажных станций показаны на рисунке 1.

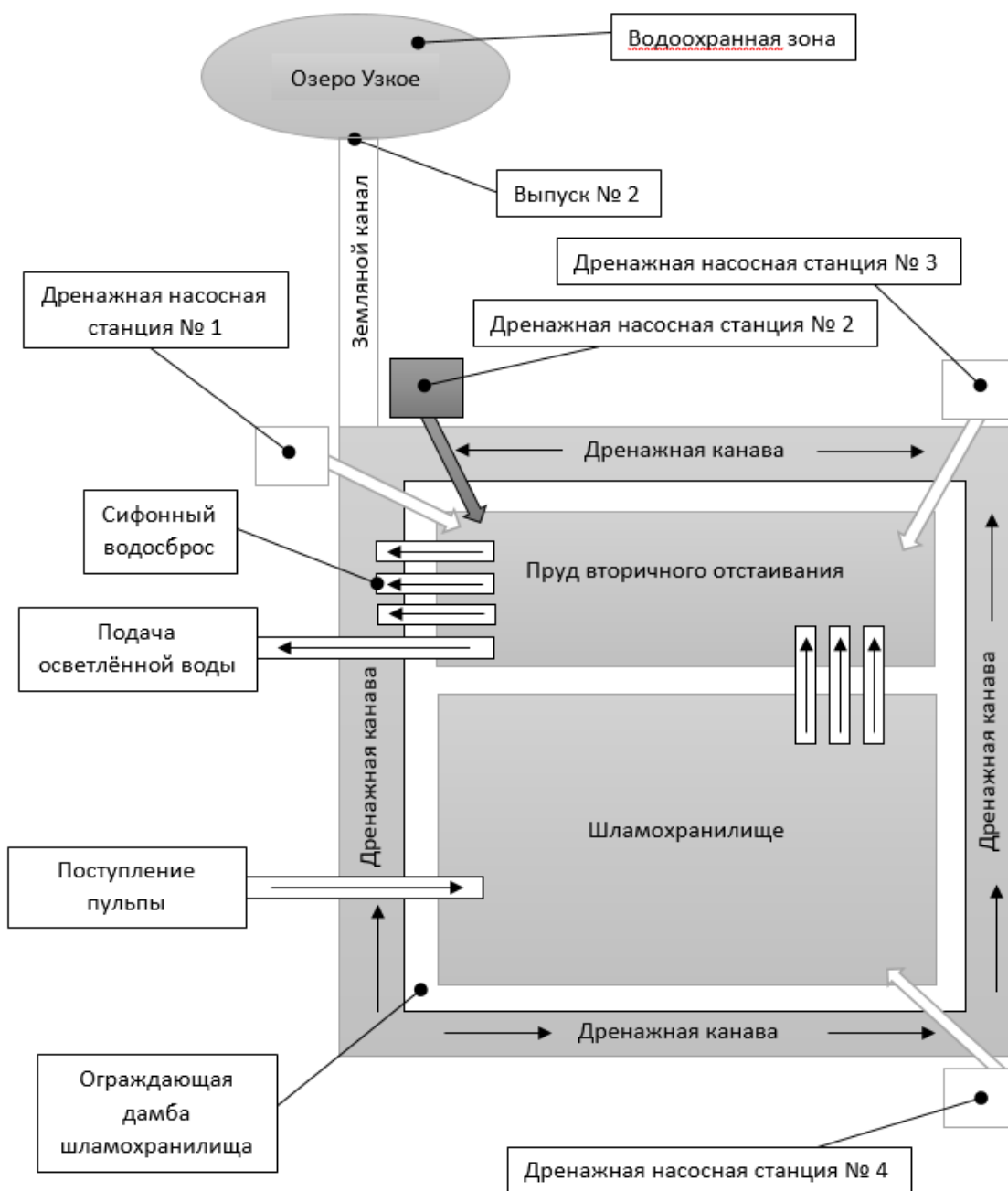


Рисунок 1 – Схема размещения средств и объектов водопользования площадки строительного проката АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Негативному воздействию шламохранилища подвержено озеро Узкое, в которое осуществляется сброс загрязняющих веществ со сточными водами шламохранилища.

В рамках производственного экологического контроля АО «ЕВРАЗ ЗСМК» осуществляет постоянные наблюдения за гидрохимическим состоянием оз. Узкое, в створах выше и ниже выпуска сточных вод [4].

Характеристика качества воды в озере Узкое представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты анализа водных проб в озере Узкое

Наименование ингредиента	Размерность	ПДК	22.04.20	13.05.20	03.06.20	10.07.20
Аммоний-ион	мг/л	0,40	9,64	9,91	11,73	10,70
Нитраты	мг/л	40	11,68	11,95	12,10	10,80
Нитриты	мг/л	0,08	10,30	12,00	10,40	9,70
Алюминий	мг/л	0,04	0,17	0,17	0,13	0,10
БПК-полн	мг/л	3,0	7,20	12,00	8,20	6,50
Взвешенные в-ва	мг/л	20,2	7,20	12,80	14,00	12,00
Железо раст.формы	мг/л	0,1	0,15	0,12	0,14	0,15
Марганец	мг/л	0,01	<0,005	0,010	<0,005	<0,005
Медь	мг/л	0,001	0,0010	0,0010	0,0010	0,0009
Нефтепродукты	мг/л	0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05
Роданиды	мг/л	0,10	0,084	0,090	0,047	<0,02
Сульфаты	мг/л	100	179,80	190,00	171,52	193,00
Сухой остаток	мг/л	1000	731	728	752	695
Фенолы	мг/л	0,001	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Фосфаты	мг/л	0,05	0,029	0,033	0,025	<0,017
Хлориды	мг/л	300	104,57	114,57	84,70	78,00
Хром	мг/л	0,02	0,016	0,017	0,020	0,009
Цианиды	мг/л	0,05	0,010	0,007	0,005	0,006
Цинк	мг/л	0,01	0,014	0,012	0,0044	0,0086

В результате реализации водохозяйственных мероприятий по «Плану снижения сбросов по выпуску № 2 (оз. Узкое)», а именно после строительства и ввода в эксплуатацию дренажной насосной станции № 2 поток фильтрационных вод будет отсечён и через выпуск № 2 будет осуществляться сброс исключительно дебалансных вод шламохранилища. Уменьшение сбросов скажется положительно на видовой насыщенности водоёмов, в том числе и р. Томи [5].

Техническое решение по строительству дополнительной насосной станции можно отнести к реабилитационным мероприятиям по оздоровлению водной среды озера Узкое [5].

Библиографический список

1. Проектная документация «Шламохранилище АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (для внесения изменений в проектную документацию «Корректировка проектной и рабочей документации шифр « 1438 «Шламохранилище.Дамба»). Технический отчёт об инженерно-экологических изысканиях. Шифр 1222П-201-ИИ 4.3.1, Том 12.4.3 ООО «ИнЭкАконсалтинг», Новокузнецк, 2018.

2. «Оценка воздействия на окружающую среду к проектной докумен-

тации «Корректировка проектной и рабочей документации шифр № 1438 «Шламоохранилище. Дамба», Книга 1, 2, 3, 4. ООО «Сибирская консалтинговая компания», Новокузнецк, 2016.

3. Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ, утверждённое приказом Госэкологии РФ ОТ 16.05.00.

4. «Программа водохозяйственных мероприятий по охране водных объектов на 2016-2022 г.г. АО «ЕВРАЗ ЗСМК» (выпуск № 2), утверждённая Вице-президентом-Руководителем дивизиона Сибирь, АО «ЕВРАЗ ЗСМК», 2016.

5. Отчёты о результатах мониторинга почв санитарно-защитной зоны Северного промузла в 2007, 2010, 2012-2016 годах, СООС, АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

УДК 631.61:631.171; 504.054:622

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

**Захарова М.А., Брызгалова Е.В., Костин К.В.,
Нелепа Н.Ю., Домнин К.И.**

Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.

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

Представлена характеристика основных отходов металлургического производства, использование которых в сельскохозяйственной практике значительно увеличивает плодородие и значение рН почв.

Ключевые слова: кислые почвы, известкование, мелиорация, доменный и мартеновский шлаки, микроудобрения, шламы.

В России и в Кузбасском регионе большую площадь занимают кислые и щелочные солонцовые почвы. Наличие в поглощенном состоянии в кислых почвах большого количества ионов водорода и алюминия, а в солонцах катионов натрия резко ухудшает физические, физико-химические, биологические свойства этих почв и соответственно их плодородие.

Одним из приемов повышения плодородия почв является известкование, которое устраняет избыточную кислотность и на 30-40% повышает эффективность минеральных удобрений, а в конечном итоге - урожайность сельскохозяйственных культур. За весь длительный период своего действия (7-8 лет) каждая тонна CaCO_3 окупается за счёт увеличения объёмов сельскохозяйственной продукции [1-3].

Методы химической мелиорации кислых и солонцовых почв основаны

на изменении состава поглощенных катионов, главным образом путём введения кальция в почвенный поглощающий комплекс. Для нейтрализации кислотности и повышения плодородия кислых почв основным мероприятием является известкование, а для устройства повышенной щелочности и улучшения свойств солончаков – гипсование [4].

Мелиорация при помощи известьесодержащих удобрений накладное мероприятие. В условиях, рыночной экономики и постоянного повышения цен, а как следствие и себестоимости сельскохозяйственной продукции. Увеличить объемы известкования, причём значительно снизить затраты на это мероприятие можно за счет использования более дешевых известковых материалов. Таких, как отходы промышленного производства, которые соответствуют по всем своим свойствам стандарту. Такие возможности в области и в частности в Новокузнецком районе существуют, но используются они редко. Из-за незнания свойств известьесодержащих отходов и их благотворного воздействия на плодородие почв [5].

Для использования в качестве известковых удобрений пригодны различные металлургические шлаки, отходы известковых заводов и другие богатые известью отходы промышленности. По эффективности многие из них не уступают известняковой муке, а экономически использование их более выгодно, так как в этом случае отпадают дополнительные расходы на добычу и размол извести.

Доменные и мартеновские шлаки. Они получают как отходы при выплавке чугуна и стали и имеют различный состав: CaO – 30-50%; SiO₂ – 12- 37%; Al₂O₃ – 10-15, MgO – 2-10, MnO – 0,4-5,6, P₂O₃ – 0,1-3,5, K – 0,1-4,5%. В большинстве случаев они требуют предварительного размола. Большая часть кальция в шлаках содержится в виде менее растворимых кремнекислых соединений (CaSiO₃; Ca₂SiO₄), поэтому толщина их размола должна быть мельче, чем известняковой муки. По нейтрализующей способности основные шлаки (с содержанием CaO+MgO свыше 40%) близки к углекислой извести. Эффективность их часто выше, чем извести. Это объясняется присутствием в шлаках магния, фосфора, марганца, серы и других элементов питания. Кроме того, содержащаяся в них кремниевая кислота может уменьшить количество подвижного алюминия в почвах и способствует лучшему усвоению фосфора растениями. Металлургические шлаки, богатые известью - ценное удобрение для дерново-подзолистых почв в районах, близко расположенным к металлургическим заводам [3].

Белый известковый шлак. Это отход образуется при электроплавке стали, белый мягкий порошок, пригодный для известкования почв без размола. Содержит 50-68% CaO, 6-15% MgO, 15-25% SiO₂, а также фосфор, марганец, серу, другие элементы. Кальций находится в шлаках преимущественно в форме CaO, более активной, чем CaCO₃. По нейтрализующей способности 1т шлака равняется 1,2-1,4 т известняковой муки. При заблаговременном внесении (за 1,5-2 недели до посева) дает более высокий эффект по

сравнению с углекислой известью и не уступает пушонке.

Доломитовая пыль. Это отход металлургической промышленности, получаемый при обжиге доломита вагранках. Свежая доломитовая пыль состоит в основном из CaO и MgO, которые при хранении постепенно переходят в CaCO₃ и MgCO₃. По нейтрализующей способности 1 т доломитовой пыли соответствует 1,5 т CaCO₃. Доломитовая пыль не требует размола, однако при высеве сеялкой необходимо отсеивать крупные и твердые частицы. Действие ее на урожай бобовых культур, корнеплодов, льна, картофеля выше, чем известковых удобрений, содержащих только кальций.

Белитовая мука. Это отход алюминиевой промышленности (шлам), содержит 45-50% CaO, 25% Na₂O+K₂O, 30% SiO₂, 2,9% Fe₂O₃, 0,04% MnO, 3,4% Al₂O₃, а также небольшое количество фосфора, серы и некоторых микроэлементов. Имеет хороший механический состав, содержит около 95% частиц меньше 1 мм, в том числе около 50% частиц меньше 0,15 мм. По эффективности не уступает другим известковым удобрениям.

В качестве известковых удобрений можно применять также отходы кожевенных, содовых, газовых, цементных и мыловаренных заводов, бумажных фабрик и другие отходы промышленности, в которых кальций и магний находятся в виде оксидов, гидроксидов, углекислых или кремнекислых солей и нет вредных для растений примесей [3].

Известкование – самое действенное мелиорационное мероприятие. При устранении избыточной кислотности повышается эффективность вносимых удобрений, как минеральных, так и органических, а также снижается доступность тяжёлых металлов при наличии их в почве.

Шламы металлургического производства представляют собой экономически выгодное сырье для производства микроудобрений. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования по влиянию различных концентраций шлама на рост надземных органов и развитие растений сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Известкование кислых почв нечерноземной полосы СССР / Корнилов М. Ф., Благовидов Н. Л. – Ленинград, 1971. – 103 с.
2. Корнилов М. Ф., Благовидов Н. Л. Известкование почв северо-западной зоны нечерноземной полосы СССР. – Ленинград, 1955. – 120 с.
3. Алямовский Н. И. Известковые удобрения в СССР. – Москва, 1966. – 105 с.
4. Химизация сельского хозяйства. Научно-технический словарь-справочник. / Л. Л. Балашова, С. И. Вольфовича. – Москва, 1968. – 156 с.
5. Ягодина Б.А. Агрохимия. – Ленинград: Агропромиздат, 1989. – 243 с.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Захарова М.А.

Научный руководитель: д-р с.-х. наук, профессор Водолеев А.С.

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

Проанализированы результаты полевого опыта по выращиванию картофеля с использованием отходов металлургического производства.

Ключевые слова: доломитовая мука, гашеная известь, картофель, доменный и мартеновский шлаки, урожайность, хозяйственная и пищевая ценность, тяжелые металлы, элементы минерального питания.

В опыте использовался шлак, полученный при выплавке чугуна и стали на НКМК. Основой шлака является доломит Тензинского месторождения, химический состав которого представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав доломита

Компонент	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	S
Содержание, %	21,05	30,4	0,04 – 0,14	0,13	0,55	0,03	0,015

Из таблицы 1 видно, что в доломите содержатся элементы, представляющие ценность для корневого питания растений [1]. Поскольку шлак имеет высокую плотность, и большая часть кальция в нём содержится в виде плохо растворимых силикатных соединений, был произведён размол на специальной установке Сибирского государственного индустриального университета.

Кроме того, на опытный участок вносилась пушонка (гашёная известь) известная своим нейтрализующим воздействием на кислые почвы.

Для внесения доломита и гашёной извести использовались разбрасыватели.

Опыт ставился на агробиостанции, расположенной вблизи села Атаманово. Почвы в этом районе темно-серые лесные, склонные к заплыванию.

Опытный участок площадью 450 м² разделили на 3 полосы, каждая площадью 150 м², одну полосу оставили для контроля, во вторую внесли известь (25 кг), а над третьей распылили измельчённый доменный шлак (6 кг). Сделали три повторности (1 год опыта). Дозы внесённых известьесодержащих удобрений разработал учёный-агроном Степнов А.А.

На следующий год поле стояло под паром (2 год опыта). Ещё через год на нём посадили картофель (3 год опыта).

Анализ результатов опыта производился на основе статистической обработки данных [2, 3], полученных при взвешивании клубней картофеля. Выборка была сделана по правилу конверта (в пяти точках каждой делянки).

Была произведена калибровка клубней и пофракционное взвешивание в кг (рисунок 1).

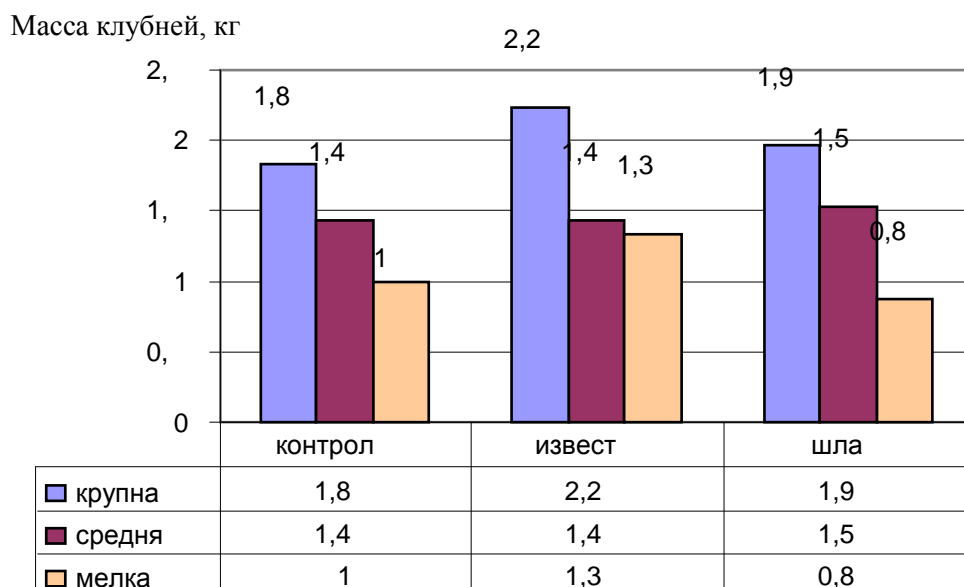


Рисунок 1 – Структура урожая картофеля

Данные по урожайности пересчитаны в стандартные для сельского хозяйства единицы измерения ц/га (рисунок 2).



Рисунок 2 – Урожайность картофеля

Одной из задач опыта было определение пищевой ценности выращиваемой продукции, поэтому в лабораторных условиях клубни с опытного участка были исследованы на содержание витамина С [4] и крахмала (рисунок 3, 4).

Содержание витамина С,
мг/100 г сырой массы

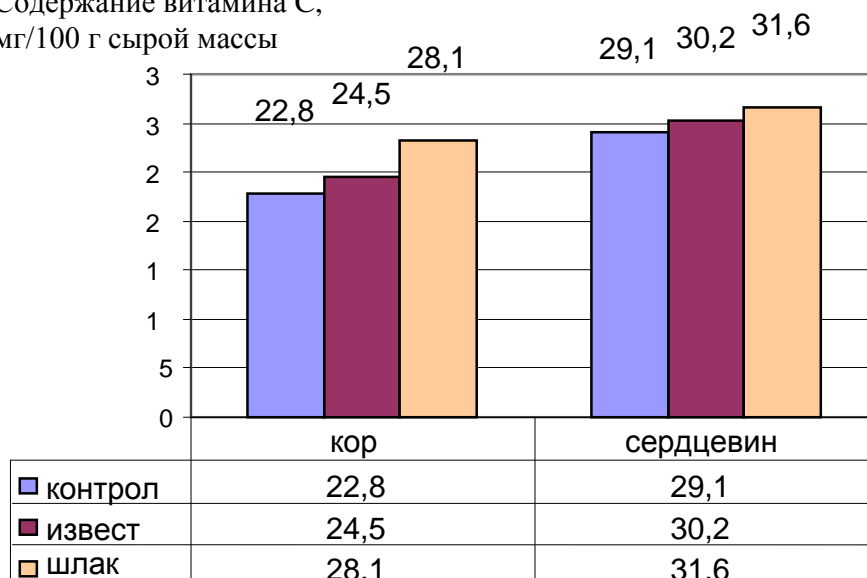


Рисунок 3 – Содержание витамина С в клубнях картофеля

Результаты исследования показали, что кора клубней картофеля, выращенного на произвесткованных почвах, содержит больше витамина С. В опыте с известью на 7 % и 23 % в опыте с доменным шлаком. Сердцевина также содержит больше витамина С по сравнению с контрольными клубнями. В опыте с известью на 4 % и на 9 % в опыте с доменным шлаком (рисунок 4).

Содержание витамина
С в клубнях картофеля,

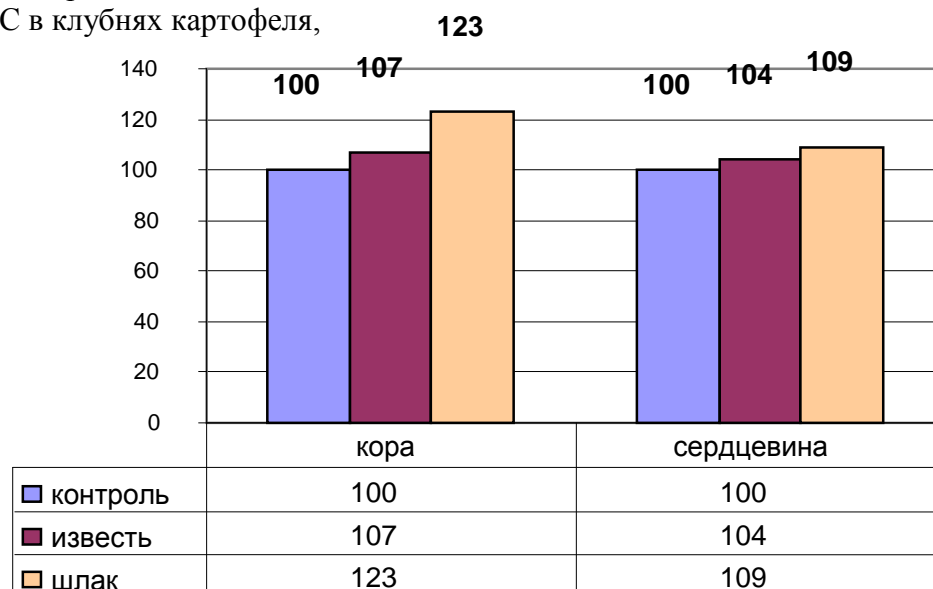


Рисунок 4 – Содержание витамина С в клубнях картофеля, %

Содержание крахмала в картофеле, выращенном на произвесткованных почвах также выше, чем у клубней с контрольного участка, что значи-

тельно повышает его пищевую ценность (рисунок 5).

Содержание крахмала в клубнях картофеля, %

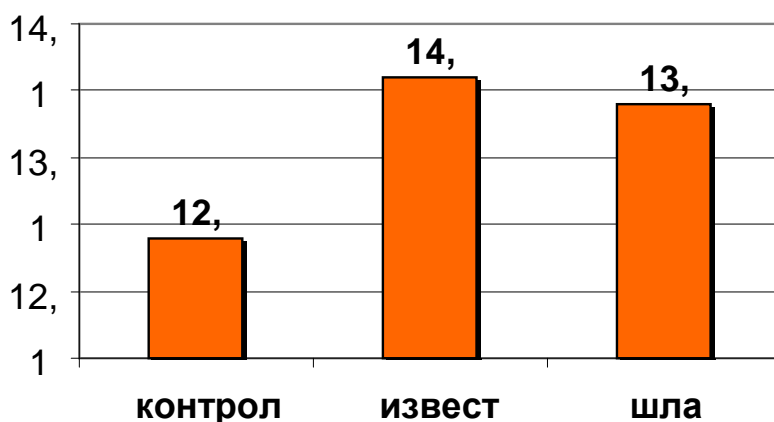


Рисунок 5 – Содержание крахмала в клубнях картофеля, %

Поскольку в опыте были использованы отходы металлургического производства, в которых в той или иной степени, присутствуют тяжёлые металлы, ключевым и наиболее значимым для полевого опыта стало лабораторное исследование картофеля и почвы опытного участка на их содержание (рисунок 6). Исследование проводилось в лаборатории рекультивации Института почвоведения и агрохимии РАН (г. Новосибирск).

Содержание элементов, мг/кг

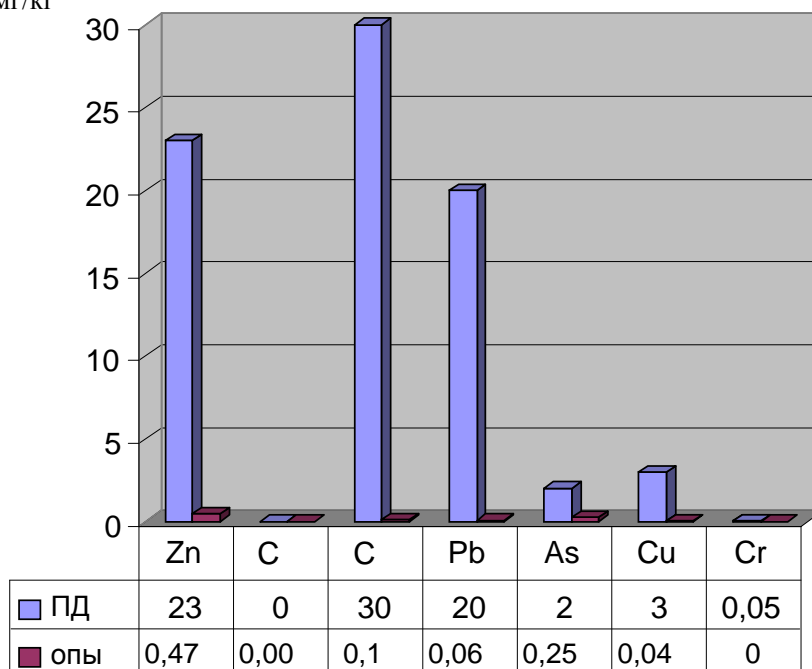


Рисунок 6 – Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почве опытного участка и их ПДК

Концентрации исследованных элементов не превышают ПДК. Что же касается клубней картофеля, выращенных на произвесткованных почвах, то тяжёлые металлы в них вовсе не обнаружены или их концентрации не превышают пределов определяемости (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание элементов минерального питания и тяжёлых металлов в клубнях картофеля, мг/кг

	K	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Проба 1	23,6	3	6,8	74,8	205	1,1	0,46
Проба 2	22,7	3,1	6,85	73,7	204	1,2	0,49
Среднее значение	23,15	3,05	6,825	74,25	204,5	1,15	0,475
	Cd	Co	Pb	As	Cu	Sr	Cr
Проба 1	0,002	0,116	0,061	0,267	0,047	0	0
Проба 2	0,002	0,123	0,069	0,236	0,049	0	0
Среднее значение	0,002	0,1195	0,065	0,2515	0,048	0	0

Этот факт объясняется избирательностью поглощения элементов на молекулярно-мембранном уровне корневой системы растений.

Вывод: анализ результатов опыта по использованию отходов металлургического производства показал, что применение мелиорантов, в том числе и нетрадиционных, способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме того, проведённые физиологические и экологические исследования урожая картофеля, доказали эколого-агротехническую целесообразность использования отходов металлургической промышленности в качестве мелиорантов. Используемые мелиоранты являются источниками минерального питания выращиваемых растений, так как в их составе (доломит) обнаружены необходимые элементы корневого питания растений.

Библиографический список

1. Ягодина Б.А. Агрохимия. – Ленинград: Агропромиздат, 1989. – 243 с.
2. Доспехов Б.А. Основы методики полевого опыта. - М.: Просвещение, 1967. – 107 с.
3. Кудрявцева А. А. Методика и техника постановки полевого опыта на стационарных участках. – М., 1959. – 208 с.
4. Методика практической биохимии. / Уильямс Б., Уилсон К. – М.: Мир, 1978. – 171 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Искаков А.А., Фетисов Л.В.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Фетисов Л.В.

*Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, e-mail: e-mailjonny-38@mail.ru*

В статье рассматриваем анализ возможности применения водорода в качестве альтернативного источника энергии. Получение энергии из водорода лежит в основе реакции его окисления кислородом до воды.

Ключевые слова: водород, анализ, водородная энергетика, реакция окисления, энергоемкий, экологически чистый, водород, как источник энергии имеет много преимуществ перед углеводородным сырьём. чистый, взрывоопасность.

Современная энергетика имеет зависимость от горючего топлива. Традиционные источники энергии, такие как уголь, газ и нефть считаются невозобновляемыми, и их запасы ежегодно иссякают. Поэтому в мире появилась необходимость создания программы экологически чистого и устойчивого энергообеспечения человечества. Одним из наиболее перспективных путей реализации данной программы является – водородная энергетика.

Получение энергии из водорода лежит в основе реакции его окисления кислородом до воды: $\text{H}_2 (\text{г.}) + 1/2\text{O}_2 (\text{г.}) = \text{H}_2\text{O} (\text{ж.})$. Изменение энтальпии в этой реакции составляет $H = -286$ кДж/моль, а изменение энергии Гиббса – $G = -237$ кДж/моль. Это означает, что при сгорании 1 моль, или 2 г, водорода выделяется 286 кДж теплоты, из которых 237 кДж (т.е. 83 %) могут быть превращены в полезную работу, в частности электрическую, остальные 49 кДж/моль рассеиваются в виде теплоты.

Водород, как источник энергии имеет много преимуществ перед углеводородным сырьём. Во-первых, водород считается самым энергоёмким топливом, во-вторых, считается экологически чистым (продукт его переработки – чистая вода) и, в-третьих, может похвастаться огромным содержанием на нашей планете.

Однако наряду с достоинствами у водорода много и недостатков:

– сложность получения энергии, связанная с необходимостью нахождения водорода в свободном состоянии (в виде простого вещества), в данном виде он практически отсутствует.

– трудность его перевода в жидкое состояние, соответственно, отсюда и сложность его транспортировки.

– взрывоопасность (смеси водорода с воздухом взрываются в широких пределах концентраций).

Таким образом, делаем вывод, что для создания водородных технологий необходимо разработать эффективные, экономически выгодные и безопасные способы: а) производства водорода; б) его транспортировки и хранения; в) окисления водорода для получения энергии.

Библиографический список

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Санкт – Петербург: Наука и техника, 2014. – С. 137 – 147
2. Кашкаров А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. Москва: ДМК Пресс, 2011 – С. 9-16.
3. Гибилиско С. Альтернативная энергетика без тайн. Перевод с английского. – Москва: Эксмо-Пресс, 2010. С. 7-23.
4. Парашук Д. Ю. Кокорин А. И. Современные фотоэлектрические и фотохимические методы преобразования солнечной энергии // . 2008 - № 6. С.108-110.

УДК 622.6

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

Тельнова А. С.

*Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,
г. Елец, e-mail: nastena_0912_2000@mail.ru*

В работе отражены основные причины загрязнения экосистемы, и пути решения сложившейся ситуации. Главные причины загрязнения окружающей среды различными газами, оксидами цветных и черных металлов, аэрозолями, пылью и золой, различными соединениями серы, азота, хлора, тяжелыми металлами и в целом беззаботное отношение к биосфере людей, так как человек должен понять следующее: все, что он делает, ведет к исчезновению жизни на Земле. Перспективные пути решения этой экологической проблемы - массовое внедрение людей в программу по защите окружающей среды, введение инновационных технологий, безопасное для компонентов экосистемы производство.

Ключевые слова: атмосферный воздух, загрязняющие вещества, риск для здоровья, заболевания.

В результате научно-технической революции возросли и расширились взаимосвязи между населением и окружающей средой. Хозяйственная деятельность человека, особенно в последние десятилетия, привела к загрязнению окружающей среды отходами производства. Воздушный бассейн и воды

содержат загрязняющие вещества, концентрации которых часто превышают предельно допустимую, что негативно отражается на здоровье населения.

На заболеваемость могут оказывать влияние десятки тысяч факторов. Здоровье отражает состояние экосистемы в целом, является обобщенным показателем качества среды обитания и ее влияния на жизнедеятельность людей. Здоровье становится интегральным индикатором медико-экологического благополучия, критерием его оценки, а экологические процессы — ведущими факторами благополучия людей. В последние десятилетия наблюдается увеличение распространенности болезней отдельных нозологических форм, которое обусловлено загрязнением окружающей среды. К таким экозависимым заболеваниям относят новообразования, заболевания эндокринной, мочеполовой системы, системы крови и кроветворных тканей, органов пищеварения, дыхания.

Влияние загрязнения атмосферы на здоровье человека.

Атмосферный воздух загрязняется путем привнесения в него или образования в нем загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих нормативы качества или уровня естественного содержания.

Загрязняющее вещество - примесь в атмосферном воздухе, оказывающая при определенных концентрациях неблагоприятное воздействие на здоровье человека, объекты растительного и животного мира и другие компоненты окружающей природной среды или наносящее ущерб материальным ценностям.

Несмотря на то, что в последние годы содержание в атмосферном воздухе российских городов и промышленных центров таких вредных примесей, как взвешенные вещества, диоксид серы, существенно уменьшилось (в связи со значительным спадом производства), влияние выбросов промышленности на здоровье человека продолжает оказывать существенное воздействие.

Список городов с катастрофическим уровнем загрязнения атмосферного воздуха в России увеличивается ежегодно, но многие годы в нем числятся Братск, Екатеринбург, Кемерово, Красноярск, Липецк, Магнитогорск, Москва, Нижний Тагил, Новокузнецк, Новосибирск, Ростов-на-Дону, Тольятти. Как видно, в этом списке наш регион занимает одно из ведущих мест по неблагоприятной экологической обстановке.

Наиболее значимое влияние на состав атмосферы оказывают предприятия черной и цветной металлургии, химическая и нефтехимическая промышленность, стройиндустрия, энергетические предприятия, целлюлозно-бумажная промышленность, автотранспорт, а в некоторых городах и котельные.

От загрязнения воздуха страдают животные и растения. Например, отходы медеплавильных заводов - хлор, мышьяк, сурьма - вызывают гибель домашних и диких животных, поедающих отравленную этими веществами пищу, тяжелые заболевания скота наблюдаются от фтористых соединений. Медь и цинк, попадающие с выбросами заводов на землю, могут полностью уничтожить травяной покров. Воздействие сернистого газа и его производ-

ных на человека и животных проявляется прежде всего в поражении верхних дыхательных путей.

Вредные для человека и для природы выбросы могут перемещаться в воздушных потоках на громадные расстояния. Например, установлено, что выбросы промышленных предприятий Германии и Великобритании переносятся на расстояния более 1000 км и выпадают на территории Скандинавских стран, а из северо-восточных штатов США - на территории Канады. Вредоносные последствия загрязнения среды сказываются и в нашей стране. Так, по данным Европейской экономической комиссии ООН, через российскую границу в воздушных потоках с запада на восток идет в 4 раза больше серы, чем в обратном направлении.

Состояние атмосферы сказывается на показателях заболеваемости. Были изучены риски нарушения здоровья различных групп населения под влиянием загрязнения атмосферы. По данным стационарных исследований, максимальные разовые и среднесуточные концентрации загрязнений атмосферного воздуха в жилых районах превышали предельно допустимые:

- по пыли в 4,2 - 8,6 раза;
- по сернистому газу - в 2-10,4 раза;
- по окиси углерода - в 1,9-7 раз;
- по двуокиси азота - в 2,7-16,3 раза;
- по сероводороду - 1,4-9 раз;
- по фенолу - в 5-17,6 раза;
- по саже - в 4,2-24,7 раза;
- по серной кислоте - в 1,1-4 раза;
- по формальдегиду - в 2-8,3 раза.

Предметом дискуссий среди профессионалов служит вклад загрязнения окружающей среды и его отдельных видов в рост заболеваемости и смертности населения, ввиду сложности взаимодействия многочисленных факторов влияния и трудностей выявления факторов заболеваний. В таблице представлен общий список заболеваний человека, которые могут быть связаны с загрязнением окружающей среды. Список заболеваний, связанных с загрязнением атмосферного воздуха представлен в таблице 1.

Загрязнение может оказывать самое разное воздействие на организм и зависит от его вида, концентрации, длительности и периодичности воздействия. В свою очередь реакция организма определяется индивидуальными особенностями, возрастом, полом, состоянием здоровья человека. В целом более уязвимы дети, больные, лица, работающие во вредных производственных условиях, курильщики. Все же многократно зарегистрированные и изученные явления повышенной смертности и заболеваемости в районах с высоким загрязнением атмосферы свидетельствуют об очевидности и массовости такого воздействия от загрязнения окружающей среды.

Влияние загрязнения воды на здоровье человека.

Вода – это минерал, обеспечивающий существование живых организ-

мов на Земле. Вода входит в состав клеток любого животного и растения. Недостаточное количество воды в организме человека приводит к нарушению вывода продуктов обмена пищеварения, кровь обедняется водой, человека лихорадит. Доброкачественная вода – важный фактор жизни человека, животных и их здоровья.

Таблица 1 - Заболевания, связанные с загрязнением атмосферного воздуха

Патология	Вещества, вызывающие патологию
Болезни системы кровообращения	окислы серы, окись углерода, окислы азота, сернистые соединения, сероводород, этилен, пропилен, бутилен, жирные кислоты, ртуть, свинец
Болезни нервной системы и органов чувств. Психические расстройства	хром, сероводород, двуокись кремния, ртуть
Болезни органов дыхания	пыль, окислы серы и азота, окись углерода, сернистый ангидрид, фенол, аммиак, углеводород, двуокись кремния, хлор, ртуть
Болезни органов пищеварения	сероуглерод, сероводород, пыль, окислы азота, хром, фенол, двуокись кремния, фтор
Болезни крови и кроветворных органов	окислы серы, углерода, азота, углеводорода, азотисто-водородная кислота, этилен, пропилен, сероводород
Болезни кожи и подкожной клетчатки	фторосодержащие вещества
Болезни мочеполовых органов	сероуглерод, двуокись углерода, углеводород, сероводород, этилен, окись серы, бутилен, окись углерода

Сегодня во всем мире наибольшую опасность водам суши несет загрязнение. Под загрязнением подразумеваются всевозможные физические и химические отклонения от природного состава воды: частое и длительное ее помутнение, повышение температуры, гниющие органические вещества, нередко, присутствие в воде сероводорода и других ядовитых веществ. Ко всему этому прибавляются еще и сточные воды: хозяйственно-бытовые, пищевой промышленности, сельского хозяйства. Нередко сточные воды содержат нефтепродукты, цианиды, соли тяжелых металлов, хлор, щелочи, кислоты.

Не следует забывать и о заражении вод гербицидами и радиоактивными веществами. Так же сегодня повсеместно воды загрязнены сбрасываемым отовсюду мусором. Кроме того сбросовые воды с полей попадают в водоемы неочищенными.

Большой урон могут нанести не только химические вещества, но и органические. Сброс органических веществ в чрезмерно большом количестве приводит к тяжелым отравлениям природных вод. В конечном счете от загрязнения природных вод страдает сам человек и его деятельность. Водоснабжение населенных пунктов целиком зависит от рек, а обработка вод с высоким содержанием органических и минеральных примесей становится все труднее и дороже. В силу этих обстоятельств, здоровье населения подвергается серьезному риску. Последствия нахождения в воде некоторых веществ, полное удаление которых не может обеспечить ни одна система очистки сточных вод, могут с течением времени сказаться на человеке. Загрязнение пресных вод является серьезно проблемой человечества.

Заключение

Таким образом, на современном этапе техногенное загрязнение среды обитания формирует условия для повышенной заболеваемости населения, особенно экозависимыми заболеваниями. Загрязнение окружающей среды вредными веществами и влияние их на здоровье человека — это одна из важнейших проблем на сегодняшний день, требующая немедленного решения.

Однако для предотвращения неблагоприятного воздействия загрязнения на здоровье можно воспользоваться несколькими подходами:

- следует предпринимать усилия по улучшению окружающей среды,
- вести контроль выбросов,
- вести мониторинг и контроль уровня загрязнения окружающей среды.

Библиографический список

1. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, № 85, 2001.

2. Состояние и охрана окружающей среды г. Перми в 2001 г.: Справочно-информационные материалы / Муниципальное управление по экологии и природопользованию. Пермь, 2002.

3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=3077> (дата обращения: 24.03.2021).

**ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СХЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ
ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»**

Тодорова Е.А.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: todorova-86@mail.ru*

Рассмотрена целесообразность изменения действующей схемы складирования отходов металлургического производства на шламохранилище, расположенного на территории АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Строительство полигона сухой отгрузки, в первую очередь, обусловлено выводом из работы действующего гидротранспорта, при условии прекращения работы ЦОФ «Кузнецкая», а также плачевным состоянием существующей системы гидротранспорта.

Ключевые слова: шлам, полигон, шлаковый отвал, шламохранилище, пульпа, обезвоживание, гидротранспорт, гидроотвал, СВКП.

Первоначальный проект гидроотвального хозяйства Западно-Сибирского металлургического завода (ЗСМЗ) был разработан Московским Водоканалпроектом в 1960 г. и утвержден постановлением Кемеровского Совнархоза №215 от 28.11.60 г., проект Г-928. На основании этого документа Сибирское отделение Водоканалпроекта (СВКП) в 1961 г. разработало рабочие чертежи на гидроотвал.

Гидроотвал был запроектирован с общей площадью 540 га с отдельным складированием отходов. В секции золошлаков ОАО «Западно-Сибирская ТЭЦ» (ЗС ТЭЦ) предусматривалось складирование золы паровоздуховной станции (ПВС), ЗС ТЭЦ, шламов газоочистки доменного цеха, горелой земли литейного цеха и пыли от вентскрубберов.

Первичная дамба гидроотвала была отсыпана из суглинистых карьерных грунтов с отметкой гребня 198.00 м, высотой 6-9 м. В дальнейшем планировалось наращивать дамбу из складированных отходов и золошлаков. Применение углеотходов при наращивании дамб не предусматривалось в связи с их низкими физико-механическими свойствами.

Для всех систем гидротранспорта была предусмотрена единая обратная система водоснабжения. Площадь гидроотвала планировалось эксплуатировать в течение 25 лет до 1989 г. с конечной отметкой замыва 220.00 м, с объемом складирования 22,86 млн. м³.

Подача пульпы в вышеуказанные секции производилась по периметру ограждающих дамб с кольцевым намывом. Разводящие пульповоды были

уложены на высоких одиночных опорах на гребне дамб с устройством выпусков через 150 м. Магистральные пульповоды от пульпонасосной станции №1 (ПНС-1) были построены из стальных труб в три нитки Ду=600 мм. От ПВС и газоочисток доменного цеха пульпа подавалась на баггерную насосную станцию (БНС) и по двум ниткам Ду=600 мм перекачивалась на гидроотвал. Шламы от цеха изложниц и флотохвосты ЦОФ «Кузнецкая» перекачивались по индивидуальным системам гидротранспорта. Для перекачки углеотходов использовались четыре насосные станции – ПНС-1,2,3,4 [1].

Для возврата осветленной воды в каждой секции были построены по два водосбросных шандорных колодца размером 2х2 м (всего 6) и система железобетонных водоотводящих самотечно-напорных коллекторов Ду=1000 мм (3 штуки) к насосной станции оборотной воды.

В 1974 году по проекту СВКП построена дополнительная карта для складирования шламов цеха изложниц. По рацпредложению эта карта с начала её эксплуатации использовалась как вторичный отстойник гидроотвала. Для перепуска отстоенной воды из шламовой карты в пруд вторичного отстаивания были смонтированы сифонные водосбросы в четыре нитки Ду=600 мм. Дополнительно, по одной нитке Ду=600 мм сбрасывались дебалансные воды в дренажный канал, и далее в р. Есаулку.

В этот же период времени шандорные колодцы и водоотводящие коллекторы были зашламованы и выведены из эксплуатации. Документальные данные об их консервации и состоянии на сегодняшний момент отсутствуют. На комбинате было принято решение отказаться от подкачки пульпы через ПНС-4 и переоборудовать её под насосную станцию оборотной воды. Для этого на построенном вторичном отстойнике были смонтированы водоприёмный колодец и два самотечных водовода Ду=1200 мм к ПНС-4. Одновременно принимается решение об отказе от проектного посекционного складирования отходов, о ликвидации системы кольцевого намыва, выводе из эксплуатации ПНС-3 и о подаче всех видов пульпы с западной стороны гидроотвала (район ПНС-3).

11 апреля 1978 г. на гидроотвале на северном участке ограждающей дамбы (отм.201.60 м) из-за отсутствия нормативного перепада между уровнем воды и гребнем дамбы от воздействия ветровых волн произошло разрушение дамбы с образованием прорана шириной 40 м и глубиной 5,1 м. При этом произошел сброс шламовых вод в р. Томь в объеме 512,5 тыс.м³. 13 апреля 1978 г. авария на дамбе была ликвидирована. После аварии на комбинате по рацпредложению (авторы Поздеев, Махрин, Фельдман) принимается решение о возведении вторичных ограждающих дамб гидроотвала из конвертерного шлака (с целью утилизации конвертерного шлака и повышения надежности дамбы) [2].

До 1988 года тело ограждающей дамбы было отсыпано из конвертерного шлака до отметки 213.00 м. Дамба возводилась путем наращивания гребня с отсыпкой конвертерным шлаком в воду с углом естественного от-

коса. Заложение низового откоса составляло 1,25-1,5 при проектном генеральном заложении – 6,0. Приказом №72 от 17.02.88 г. дальнейшее наращивание дамбы было запрещено в связи с аварийным состоянием, т.к. возникли очаги фильтрации, произошли осадки дамбы. Расчетами СВКП были подтверждены низкие коэффициенты устойчивости низового откоса дамбы по трем сторонам гидроотвала. В связи с наличием в ложе гидроотвала мелкодисперсных и текучепластичных намывных грунтов, подтвержденных изысканиями СВКП (1979 г.), дальнейшее возведение дамб вовнутрь гидроотвала без намыва пляжей из крупнозернистого материала оказалось невозможным.

В 1990 г. институт отказался работать с комбинатом в связи с тем, что ни одно из выданных технических решений по безаварийной эксплуатации гидроотвала до конца выполнено не было, гидроотвал эксплуатировался с грубейшими отступлениями от проекта и от «Правил безопасности при эксплуатации хвосто- и шламоохранилищ», что и привело к созданию на дамбе аварийной ситуации.

С 1991 г. по 1995 г. началась реализация проектных решений института. Был выполнен пригруз низового откоса дамбы из конвертерного шлака, нарезаны бермы на низовом откосе, отсыпано защитное сооружение из сухих углеотходов ЦОФ «Кузнецкая». Это позволило складировать твердые отходы комбината, ЗС ТЭЦ и ЦОФ «Кузнецкая» до 1995 года.

В 1990 г., учитывая предаварийное состояние гидроотвала из-за отсутствия намывных пляжей, по заданию комбината СВКП разработана рабочая документация на гидроотвал №2 в составе технического проекта дальнейшего развития первой очереди комбината. Площадка гидроотвала №2 расположена на территории, отведенной комбинату с западной стороны от СП «Финнарт». Общая площадь гидроотвала №2 по проекту – 60 га, полезный объем – 14 млн.м³. Первичная ограждающая дамба высотой до 9 м – насыпная, из намывных углеотходов с пляжей гидроотвала №1. Общий объем насыпи в первичной дамбе – 1 760 тыс.м³, отметка гребня – 206.00 м. Наращивание дамбы предусматривалось в шесть ярусов по 3 м из намывных на этом гидроотвале углеотходов. Конечная отметка замыва – 223.00 м. Расчетный срок эксплуатации – 5 лет [3].

В 1991 г. было начато строительство гидроотвала №2. Было отсыпано 2/3 первичной дамбы, но затем возведение её приостановлено по предписанию Кемеровского Комитета охраны окружающей среды в связи с изменением водоохранной зоны р. Томи. Часть площади гидроотвала попала в водоохранную зону, утвержденную областным Советом народных депутатов в размере 1000 м (вместо существовавшей до этого в 500 м) от уреза воды в р. Томи. Оставшаяся площадь составила 25 га, на которой дальнейшее строительство гидроотвала №2 оказалось нецелесообразным.

Как альтернативный вариант для обеспечения работоспособности комбината было рассмотрено предложение о дальнейшем наращивании ограждающих дамб гидроотвала №1. Для этого в 1992 г. по заданию комбината

Южкузбасс-ТИСИЗом был выполнен комплекс инженерных изысканий с целью выявления фактических прочностных свойств грунтов, слагающих тело ограждающей дамбы и её основания.

Институтом СВКП в 1993 г. на основании «Рекомендаций ...» НПО «ВИОГЕМ» разработаны проектные предложения по гидроотвальному хозяйству «Западно-Сибирского металлургического комбината» (ЗСМК) для поддержания мощности действующего производства с наращиванием дамб гидроотвала №1 до отметки 235.00 м.

В октябре 1995 г. институтом СВКП выдана рабочая документация на наращивание двух ярусов дамбы на отм. 221.00 и 224.00 м. К тому времени объемы земляных работ по пригрузу и нарезке полок на низовом откосе дамбы под отметку гребня 218.00 м в основном были закончены.

С учетом наращивания дамбы до отм. 235.00м проектом предусматривалось выполнить дополнительные объемы земляных работ по пригрузу низового откоса на участке дамбы протяженностью 2 600 м. Объем земляных работ по пригрузу – 1 286,5 тыс.м³, по возведению тела дамбы на отм.221.00 м – 332,7 тыс.м³. На отм. 224.00 м по проекту необходимо было отсыпать в основную дамбу 330,0 тыс.м³ конвертерного шлака.

С 1996 г. комбинат приступил к реализации проектных решений по наращиванию дамбы гидроотвала №1 выше отм. 218.00м.

За период 1996-1999 г.г. основные объемы строительных работ по наращиванию ограждающей дамбы до отм.219.50 м были выполнены. Также было отсыпано защитное сооружение из сухих углеотходов в объеме 2 300 тыс.м³, протяженностью 4,4 км.

Несмотря на большой объем выполненных строительно-монтажных работ положение на гидроотвале №1 оставалось критическим из-за недостаточной вместимости для складирования отходов и отсутствия необходимого проектного объема прудка (1250 тыс.м³) для осветления пульпы. Поэтому, при очередном плановом подъеме уровня воды в шламовой карте на отметку 216.60 м перед зимним периодом 1999-2000 г.г. в сентябре 1999 г. образовались мощные сосредоточенные выходы фильтрационных вод на низовом откосе ограждающей дамбы с возникновением размыва дамбы (овражные размывы на низовых откосах глубиной до 4 м и шириной до 6 м), угрозы потери устойчивости и локального обрушения ограждающей дамбы.

Ситуация на шламохранилище была взята на контроль Федеральным ГГТН и Кузнецким управлением ГГТН.

В течение 2000 г. за пределы площадки гидроотвала была вынесена ЛЭП 110кВ. Осуществлен переход на кольцевой намыв пляжей гидроотвала с отметок 219.50 221.00 м за исключением участка ПК24 –ПК33 в районе расположения сифонов №№1,2,2а. Приступили к отсыпке дамбы на отм. 224.00 м. Закончены работы по дренажной канаве. Введен в эксплуатацию комплекс сооружений объединенной насосной станции (ОНС) с производительностью по осветленной воде до 14 тыс.м³/час, по подкачке шламовой

пульпы БНС до 3,5 тыс.м³/час. Смонтированы 4 нитки шламопроводов Ду=600 мм от ПНС-3 до ОНС. Построены две аварийные емкости для опорожнения пульпобака и шламопроводов. Запущена в эксплуатацию ПНС-3. Таким образом, решения, принятые в 1993 г., были реализованы со значительным опозданием только в 2000 году.

В связи со срывом работ по отсыпке шпору под сифоны со стороны ДРиС, ростом высоты ограждающей дамбы и отсутствием намывного пляжа на участке ПК23-ПК37 институт СВКП внес коррективы в рабочие чертежи конструкции дамбы на этом участке. Вместо наращивания дамбы вовнутрь шламоохранилища разработан проект наращивания дамбы до отм. 224.00 м на ПК23-ПК37 с наружной стороны. Поэтому, в «Мероприятиях ... 2002 г.» появились дополнительные земляные работы с отсыпкой пригруза из доменного шлака в объеме 700 тыс.м³ и устройством экрана из суглинка в объеме 12,6 тыс.м³ [4].

Целесообразность проектирования и строительства полигона сухой отгрузки, в первую очередь, обусловлена выводом из работы действующего гидротранспорта, при условии прекращения работы ЦОФ «Кузнецкая», а также плачевным состоянием существующей системы гидротранспорта.

В целях предупреждения экологической катастрофы и улучшения экологической обстановки города Новокузнецка необходимо рассмотреть вопрос по рекультивации шламоохранилища АО «Евраз ЗСМК».

Библиографический список

1. Кузнецов Г.И. Проблемы безопасности специальных гидросооружений (хвостохранилища, золоотвалы, шламонакопители) в условиях Сибири/ Г.И. Кузнецов // Изв. Вузов. Строительство. – 2002. -№3. – С.61-66;

2. Соболев С. В. Безопасность гидротехнических объектов: учеб. пособие / С. В. Соболев, А. В. Февралев ; Нижегород. гос. архитектур. – строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. – 204 с; прилож. ISBN 978-5-528-00334-4.

3. Рекомендации по проектированию сооружений шламоохранилищ металлургической промышленности / Под ред. М. А. Шершукова – М. : Стройиздат, 1971. – 113 с.

4. Основные положения по проектированию: Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов: СНиП 2.01.28-85. - М.: Госстрой СССР, ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 16 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ МАЛОГО ГОРОДА

Черных Д.В.

Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Усачева И.Н.

*Елецкий государственный университет им И.А.Бунина,
г. Елец, e-mail: chernykh.daniilg@inbox.ru*

В статье рассматриваются основные проблемы промышленной безопасности в условиях малого города. Предлагаются пути решения данных проблем. Показывается статистика техногенных катастроф.

Ключевые слова: Тяжелые условия труда, трудовая дисциплина, устаревание оборудования.

С каждым годом проблемы промышленной безопасности становятся все более актуальными. Чтобы лучше понимать текущее состояние проблем в области промышленной безопасности проводятся круглые столы, многочисленные встречи, конференции, где обсуждаются актуальные вопросы. Как правило, на них присутствуют руководители или профильные специалисты предприятий, имеющих в своих структурах опасные производственные объекты и представители Ростехнадзора. Добиться значительных успехов в области промышленной безопасности мешает важные проблемы, которые остаются актуальными уже много лет. К числу основных источников опасности, причин повышения аварийности относятся такие факторы, как низкое качество проектных и технических решений, устаревание оборудования, некачественное или несвоевременное выполнение работ по обслуживанию и ремонту, низкая квалификация персонала, технологическая и трудовая дисциплина, тяжелые условия труда. В области условий труда работников российских предприятий ситуация остается сложной. После того как ввели в действие федеральный закон 426-ФЗ о выполнении специальной оценки, он установил четкую классификацию условий труда персонала в результате чего стал более понятен масштаб проблемы. Из официальных данных Минздрава можно узнать, что более 38% работников сейчас трудятся в условиях, которые относят к классу опасных или вредных.[1] На данный момент в Министерстве труда рассматривается инициатива полностью ликвидации рабочих места с опасными условиями. Это помогло бы снизить важность проблемы аварийности на предприятиях и сократить число сотрудников, пострадавших и погибших при авариях. Предлагается устранить эти рабочие места двумя способами: улучшить условия труда на данных позициях или полностью автоматизировать выполнение такой работы. Основной причиной низкого качества результатов инженерных изысканий и проектной документации является отсутствие высококвалифицированных специалистов в про-

ектной организации. Часто генподрядчики имеют ограниченный штат специалистов и заключают субподряды со специализированными организациями для работы над сложными проектами. Их действия плохо координируются общей проектной организацией, что приводит к отсутствию согласованности и последовательности проектных решений. Еще одна причина, по которой работа на таких объектах затруднена, заключается в том, что зачастую проектные организации расположены в разных регионах и городах Российской Федерации. Одной из важнейших проблем является износ оборудования, которое эксплуатируется на российских предприятиях. По данным МЧС, степень износа оборудования для лесной отрасли составляет 40% , что является нормальным показателем по сравнению с другими областями. Средний износ автоматов и станков, используемых российскими предприятиями, близок к 70%, а в некоторых отраслях промышленности превышает этот показатель.[2] В результате внезапный отказ оборудования становится частой причиной аварий на производственных предприятиях, в том числе со смертельным исходом. В тех компаниях, которые регулярно проверяют свое оборудование, проводят его полноценное техническое обслуживание, дела идут лучше. Недостаточный уровень квалификации персонала для безопасного труда чаще всего является результатом нарушений правил организации обучения со стороны работодателя. В зависимости от своих обязанностей сотрудники должны проходить обязательные инструктажи и тренинги – по охране труда, пожарной безопасности и т. д. Однако работодатели часто не выполняют своих обязанностей в этом вопросе. Это может быть связано с различными причинами – например, нежеланием отрывать работников от их основных производственных обязанностей, что может негативно сказаться на общей прибыли предприятия. Также главной причиной в этом вопросе является попытка сэкономить деньги, которые необходимы для оплаты обучения и переподготовки кадров. В результате такая подготовка проводится не в полном объеме, с нарушением установленных сроков или не проводится вообще. Это приводит к тому, что выполнение опасных видов работ поручается работникам, не имеющим необходимой подготовки. Нарушение чревато разными последствиями, вплоть до самых серьезных: причинением травм работникам или производственными авариями. На каждом предприятии существует определенный набор требований и правил поведения, которых должны придерживаться работники, это называется трудовой дисциплиной. Каждый работник предприятия (на всех уровнях организации) должен придерживаться этого комплекса, а нарушение трудовой дисциплины считается очень серьезным правонарушением и может привести к штрафам вплоть до увольнения. В любой организации должен быть определенный график работы. Для того чтобы работники четко знали свои обязанности, работодатель принимает местный нормативный акт – Правила внутреннего трудового распорядка (ПВТР). При приеме на работу нового сотрудника в штат необходимо ознакомить его с этим документом под роспись. Та-

ким образом, заключая трудовой договор и Правила внутреннего трудового распорядка, работник обязуется соблюдать все условия трудовой дисциплины. Некачественная работа не замечается до тех пор, пока ситуация не становится критической. Обычно этот вопрос откладывают на потом, находя для этого различные причины и оправдания. Часто они прибегают к новаторским предложениям. Часто управляющие просто не говорят правды в глазах тех, кто работает плохо, не в полную силу. Тратить время на помощь сотрудникам - это одновременно гуманный и экономический ответ на низкую производительность. Увольнять людей и нанимать новых очень дорого. По данным статистики, в нашей стране ежегодно происходит около 2000 техногенных катастроф. Гибнут люди. Как правило, любой аварии на опасном объекте предшествует целый ряд серьезных нарушений. В целях предотвращения и минимизации последствий аварий на опасных производственных объектах проводятся экспертизы промышленной безопасности. ПБ – это та область, в которой действуют строго установленные правила и требования. И в какой степени той или иной объект соответствуют данным требованиям, может определить только специальная экспертиза. Экспертиза промышленной безопасности требует комплексного подхода, так как содержит довольно широкий круг взаимосвязанных задач. По результатам экспертизы разрабатываются меры по устранению всех обнаруженных дефектов, а также делается прогноз о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации объекта. Следует отметить, что уровень промышленной безопасности напрямую зависит от квалификации персонала, работающего на опасном производственном объекте. На ОПО, где работают квалифицированные сотрудники, как правило, уровень безопасности обеспечен. На вновь образованных объектах ситуация более сложная. И причиной тому, зачастую, становится именно низкий уровень квалификации персонала, обслуживающего персонала. Поэтому всем организациям, эксплуатирующим опасные производственные объекты, необходимо особое внимание уделять подготовке кадров. На предприятиях необходимо систематически проводить обучение персонала правилам промышленной безопасности. Руководству большинства предприятий необходимо делать упор на совершенствование уже имеющихся управленческих решений относительно промышленной безопасности. При этом необходимо умело увязать существующую на предприятии схему организации работ с требованиями, предъявляемыми международными стандартами.

Библиографический список

1. Электронный ресурс.- Режим доступа: <https://ria.ru/20200812/1575689919.html>.
2. Журнал AttekGroup [электронный источник].
3. Загутин, Д.С. Производственная безопасность / Д.С. Загутин. - М.: Русайнс, 2018. - 157 с

4. Тимофеева, С.С. Производственная безопасность: Учебное пособие / С.С. Тимофеева, Ю.В. Шешуков. - М.: Форум, 2019. - 216 с.

5. Бурашников, Ю.М. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств: Учебник / Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов. - СПб.: Лань, 2017. - 496 с.

6. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) / П.П. Кукин, В.Л. Лапин. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с.

УДК 2019.13.03.01:М-19209

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ КОЖУХОТРУБНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ПЛАСТИНЧАТЫЕ

Лобков А.Е

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: andrex673@gmail.com*

Рассмотрен вопрос повышения коэффициента теплопередачи теплообменных аппаратов, установленных на Западно-Сибирской ТЭЦ (ЗС ТЭЦ). Проведен анализ работы существующих теплообменников, выявлены недостатки в их работе и разработано предложение по установке современных высокоэффективных пластинчатых теплообменников, выполнены расчеты существующего теплообменника и вновь устанавливаемого.

Ключевые слова: тепловая электростанция, теплосеть, теплообменный аппарат, теплопередача, теплоснабжение.

Теплофикационные установки предназначены для снабжения потребителя теплом в виде горячей сетевой воды, с графиком теплосети 70/150 °С.

Подогревательная установка турбины включает в себя:

два основных бойлера № 1, № 2 типа ПСВ-500-3-23;

– один пиковый бойлер типа ПСВ-500-14-23;

– четыре сетевых насоса - № 8, № 9 типа 10НМКх2, № 21, № 22 типа КРНА-400/700/64М;

– два конденсатных насоса бойлеров №8, № 9 типа 8КСД-5х3;

– деаэратор подпитки теплосети ДС-300;

– два насоса подпитки теплосети от коллектора сырой воды типа 8К-12.

По характеру тепловой нагрузки подогреватели подразделяются на основные и пиковые. Пар на основной бойлер поступает из отбора турбины с давлением 1,2 ата, а на пиковый бойлер – с давлением 10-16 ата.

Каждый подогреватель представляет собой пароводяной вертикальный теплообменный аппарат с цельносварным корпусом. Трубный пучок состоит из прямых трубок диаметром 19 мм, выполненных из латуни марки Л-68, развальцованных с обеих сторон в трубных досках. Для жёсткости и прочности трубная система заключена в стальной каркас с перегородками. Перегородки направляют поток пара для лучшего омывания трубного пучка и являются промежуточными опорами для труб, предотвращая их вибрации. В месте выхода струи греющего пара на трубный пучок устанавливается паротбойный лист для защиты трубок от динамического удара потока пара и распределения пара в межтрубном пространстве. Для получения больших скоростей воды подогреватели выполнены двухходовыми. Ходы образуются перегородкой в нижней камере. Перегородка делит трубный пучок на две части по числу ходов.

Сетевая вода через входной патрубок подаётся в одну из половин верхней водяной камеры, проходит половину трубок и поступает в нижнюю часть. По другой половине трубок вода поднимается вверх во вторую половину верхней водяной камеры, откуда через патрубок отвода сетевой воды поступает в сборный коллектор горячей воды. По ходу своего движения вода нагревается паром.

Теплообменный аппарат любой конструкции представляет собой аппарат, основной функцией которого является передача тепла от одной среды к другой. Наиболее эффективным считается такой теплообменник, который при минимальном расходе рабочих сред через аппарат максимально передаёт тепловую энергию от одной среды к другой.

Поскольку в аппарате происходит только теплообмен от среды к среде, нельзя говорить о прямой экономии тепла, получаемой в результате замены аппарата: как в случае с кожухотрубным аппаратом, так и в случае с пластинчатым тепло просто передаётся от одной среды к другой. Однако от эффективности передачи тепла в аппарате косвенно зависит эффективность работы периферийного по отношению к аппарату теплового оборудования, а, следовательно, и его экономичность. Именно такая экономия, поскольку она вызывается заменой аппарата, может называться экономическим эффектом теплообменника. В каждом конкретном случае экономичность работы аппарата определяется правильностью его расчета и соответствием режима его работы расчетному. Однако, существует ряд факторов, которые определяют пластинчатый теплообменный аппарат (ПТА) как более экономичный по отношению к кожухотрубчатому теплообменному аппарату (КТА) в любом случае. Рассмотрим такие факторы более подробно.

1) Компактность.

Коэффициент унификации узлов и деталей размерного ряда КТА составляет примерно 0,13. Для ПТА коэффициент унификации узлов и деталей составляет 0,9. Удельная металлоёмкость пластинчатых аппаратов в 2-3 раза меньше, чем у кожухотрубчатых.

Кроме того, подвод трубопроводов с одной стороны во многом упрощает процедуру обвязки теплообменного аппарата.

2) Снижение расхода теплоносителя.

Это обусловлено тем, что скорость протекания теплоносителя в ПТА в два раза ниже, чем в КТА, внутренний объем аппарата в 6 раз меньше, а коэффициент передачи тепла в 1,5–2 раза больше. Кроме того, теплоноситель проходит по аппарату однократно и по короткому пути.

Низкая скорость протекания теплоносителя по аппарату обеспечивает высокое качество теплообмена. Холодный теплоноситель в ПТА можно нагреть практически до температуры горячего (до разности в 1–3 °С), а горячий - соответственно остудить до температуры холодного. Этот факт обеспечивает следующий источник экономии тепловой энергии: при понижении температуры обратного теплоносителя автоматически снижаются потери тепла в обратных трубопроводах, а также возрастает КПД котлов. Последнее обусловлено тем, что при горении топлива тепло передается от сжигаемого топлива холодному теплоносителю гораздо эффективней.

Короткий путь теплоносителя по аппарату при использовании приборов автоматического регулирования температуры дает значительные преимущества.

Постоянная времени ПТА в десятки раз меньше чем в КТА, что обеспечивает качественную работу автоматики, точное поддержание задания по температуре и, следовательно, экономичность работы аппарата. Конструкция ПТА практически обеспечивает невозможность появления внутри аппарата внутренних протечек, ведущих к смешиванию сред: любая появляющаяся протечка (кроме физического разрушения внутренней части пластины) определяется визуально. Этот факт снижает утечки теплоносителя неявно, но практически всегда существующие.

3) Снижение затрат на эксплуатацию аппарата.

4) Ряд преимуществ конструкции ПТА перед КТА обеспечивает дополнительное снижение затрат при эксплуатации аппаратов связанное с его конструкцией и качеством исполнения. Это высокая турбулентность потоков теплоносителя, проходящего через аппарат, обеспечивающая высокую сопротивляемость теплообменных поверхностей ПТА к образованию различного рода отложений, снижающих КПД теплообмена. Такой факт позволяет проводить процедуру очистки поверхностей аппарата гораздо реже, чем у КТА.

5) Отсутствие коррозии поверхностей и высокое качество материала аппарата увеличивает срок службы аппарата в несколько раз. Возможный ремонт ПТА сводится всего лишь к замене пластины и/или прокладки. Высокая надёжность аппаратов снижает вероятность появления потерь в результате аварийных ситуаций. По статистическим данным фирмы Alfa Laval при наблюдении за работой ПТА в 18 странах в общей сложности в течение 20 млн. рабочих часов или 2300 лет было зарегистрировано 35 случаев отказов. Это означает один отказ аппарата в 65 лет.

Пластинчатые теплообменные аппараты представляют собой аппараты поверхностного типа, теплопередающая поверхность которых образована тонкими штампованными гофрированными пластинами.

Рабочие среды в теплообменнике движутся в щелевых каналах сложной формы между соседними пластинами. Каналы для греющей и нагреваемой среды чередуются между собой, смотреть рисунок 1.



Рисунок 1 – Движение теплоносителей в каналах

Высокая эффективность теплопередачи достигается за счёт применения тонких гофрированных пластин, которые являются естественными турбулизаторами потока и вследствие своей малой толщины обладают малым термическим сопротивлением.

Герметичность каналов и распределение теплоносителей по каналам обеспечивается с помощью резиновых уплотнений, расположенных по периметру пластины. Уплотнение крепится к пластине с помощью клипс.

Уплотнение, расположенное по периметру пластины, охватывает два угловых отверстия, через которые входит поток рабочей среды в межпластинный канал и выходит из него. Через два других отверстия, изолированных дополнительно кольцевыми уплотнениями, встречный поток проходит транзитом. Вокруг этих отверстий имеется двойное уплотнение, которое гарантирует герметичность каналов. Уплотнительные прокладки крепятся к пластине таким образом, что после сборки и сжатия пластины в аппарате образуют две системы герметичных каналов для греющей и нагреваемой сред. Каждая пластина повернута на 180° в плоскости её поверхности относительно смежных с ней, что создаёт равномерную сетку пересечения взаимных точек опор вершин гофр и обеспечивает жёсткость пакета пластин.

Обе системы межпластинных каналов соединены со своими коллекторами и далее со входом и выходом на неподвижной плите теплообменника.

Пакет пластин размещается на раме теплообменника, представленный на рисунке 2. Рама теплообменного аппарата состоит из неподвижной плиты (1), опорного штатива (2), верхней (3) и нижней (4) направляющих, подвиж-

ной плиты (5) и комплекта стяжных болтов (6), установочных пяток (7). На неподвижной плите расположены фланцевые соединения (8) и шпильки для присоединения ответных фланцев (9).

Верхняя и нижняя направляющие крепятся к неподвижной плите и к стойке. На направляющие навешивается подвижная плита (5) и пакет пластин (10). Неподвижная и подвижная плиты стягиваются болтами.

Для крепления теплообменника к строительным конструкциям на неподвижной плите и стойке предусмотрены монтажные пятки.

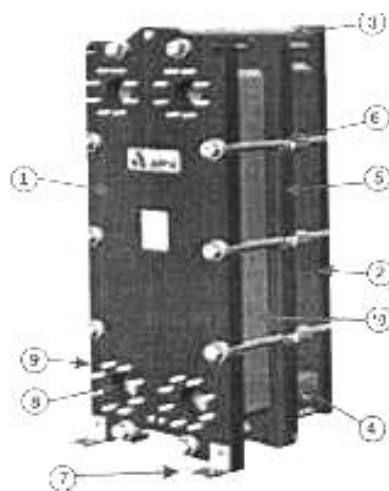


Рисунок 2 – Пластинчатый теплообменный аппарат

Таблица 1 – Сравнительная характеристика бойлеров

Показатель	Кожухотрубчатый бойлер		Пластинчатый бойлер	
	основной	пиковый	основной	пиковый
Расход пара, т/ч	145,11	145,16	131,92	131,92
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м*°С)	5127,86	6025,85	7233,93	7905,03
Поверхность нагрева, м ²	1184	516,68	1159,5	468,5
Площадь поверхности бойлеров, м ²	91,52	46,3	74,16	37,86
	Итого: 91,52 + 46,3 = 137,82		Итого: 74,16 + 37,86 = 112,02	
Тепловые потери с поверхности изоляции, Вт	4080,9	2835,39	3306,8	2318,55
	Итого: 4080,9 + 2835,39 = 6916		Итого: 3306,8 + 2318,55 = 5625	
Общие гидравлические потери, м	27,294		31,255	
Выработка тепловой энергии, кДж/ч (ккал/ч) отопительный период неотопительный период	311010(74284) 392349 (93710)		385483 (92071) 393944 (94091)	

Как видно из таблицы 1, при практически одинаковых величинах поверхностей нагрева, пластинчатые подогреватели имеют большие коэффициенты теплопередачи, меньшие габаритные размеры (разница в 25м^2) благодаря специальному гофрированному профилю проточной части пластины, обеспечивающему высокую степень турбулизации потоков теплоносителей.

Поверхность пластин не накапливает отложения, т.к. все загрязняющие частицы уносятся с потоком воды, имеющим высокую турбулентность.

Для пластинчатых бойлеров применена более эффективная тепловая изоляция из пенополиуретана. В результате толщина теплоизоляционного слоя уменьшается у основных бойлеров – в 3,4 раза, у пиковых – в два раза.

Гидравлические потери в пластинчатых подогревателях больше, чем в кожухотрубчатых, но они незначительны при рассмотрении бойлерной установки в целом.

И, наконец, выработка тепловой энергии турбиной увеличивается при применении пластинчатых подогревателей.

Библиографический список

1. Завидовская, Л.Ф. Своды правил по проектированию и строительству [Текст] / Л.Ф.Завидовская. – М.: Госстрой, - 1997. – 78с.
2. Луканин, В.Н. Теплотехника [Текст] / В.Н.Луканин. – М.: Высшая школа, - 2005. – 671 с.
3. Пермяков, В.А. Новое теплообменное оборудование для промышленных энергоустановок и систем теплоснабжения [Текст]/ В.А. Пермяков, - М.: Итяж-маш, - 1998. - 93 с.

УДК 2019.13.03.01:М-19209

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ И КОРРОЗИИ ДЛЯ КОРРЕКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ТЕПЛОСЕТЕЙ

Лобков А.Е

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Коротков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail:andrex673@gmail.com*

Проведен расчет коэффициентов теплопередачи теплообменного оборудования Западно-Сибирской ТЭЦ (ЗС ТЭЦ). Вариантом повышения эффективности теплообменного оборудования может быть применение ингибиторов накипеобразования и коррозии.

Ключевые слова: тепловая электростанция, химводоочистка, теплообменный аппарат, ингибитор, теплоснабжение.

В последнее десятилетие в промышленной и жилищно-коммунальной теплоэнергетике активно ведутся работы по освоению ингибиторов накипеобразования и коррозии.

Обработка воды ингибиторами накипеобразования и коррозии позволяет обеспечить эффективную работу теплоэнергетического оборудования, отказавшись при этом от применения дорогостоящих и громоздких систем умягчения и деаэрации воды.

Ингибиторы накипеобразования и коррозии на основе комплексонов обладают способностью разрушать застарелые отложения накипи и продуктов коррозии. Это даёт возможность проводить очистку систем от отложений накипи и продуктов коррозии в процессе эксплуатации систем. Это позволяет не проводить специальных мероприятий по промывке и не отключать системы ГВС на плановую промывку.

Участок химводоочистки не может обеспечить высокое качество исходной воды, поэтому из-за большого содержания карбонатов трубные пучки подогревателей подвержены отложению накипи на их внутренних поверхностях.

Перед использованием исходная вода обрабатывается в осветлителях с использованием коагулянта, проходит через механические фильтры, после чего умягчается на Na – катионитовых фильтрах, деаэрируется и подается в теплосеть через сетевые подогреватели. Подготовка химочищенной воды методом одноступенчатого Na -катионирования имеет ряд существенных недостатков:

- большое количество минерализованных сточных вод, образующихся в процессе регенерации фильтров, что негативно влияет на экологию;
- высокий удельный расход соли на регенерацию;
- громоздкая схема подготовки химочищенной воды.

Поэтому в последнее время в промышленной и жилищно-коммунальной теплоэнергетике активно ведутся работы по освоению ингибиторов накипеобразования и коррозии.

Для коррекционной обработки подпиточной воды теплосетей предлагаю использование ингибитора накипеобразования, ГИЛУФЕР 422. Применение которых позволяет гарантировать без накипный режим оборудования до температур сетевой воды на выходе из подогревателя – 140-150 °С.

ГИЛУФЕР 422 представляет собой комбинацию активных компонентов производных фосфоновой кислоты и малеинового ангидрида и сополимера акриловой кислоты, также являющихся высокоэффективными диспергаторами и стабилизаторами жесткости при высоких температурах.

Механизм антинакипного действия ГИЛУФЕР 422 основан на процессах модификации структуры, формирующейся кристаллической решетки минеральных отложений. В воде, с большим содержанием солей жесткости, комплексоны образуют прочный комплекс с ионами Ca и Mg, который

блокирует направленный рост и агломерацию кристаллов накипи. Таким образом, не происходит формирования плотного слоя отложений на поверхности нагрева теплообменного оборудования, магистральных и разводящих трубопроводов в виде накипи и отложений, при этом сополимер акриловой кислоты выполняет диспергирующую функцию.

Применение ингибитора накипеобразования ГИЛУФЕР 422 позволит исключить оборудование схемы подготовки химочищенной воды на Na - катионитовых фильтрах, что даст возможность получить значимый экономический эффект.

При этом схема подготовки химочищенной воды теплосетей будет выглядеть следующим образом: водозаборная насосная станция, осветлитель, механические фильтры, станция дозирования ингибитора накипеобразования. Далее вода подается на деаэраторы, сетевые подогреватели (бойлеры) и в теплосеть.

ГИЛУФЕР 422 разрешен для использования в открытых и закрытых системах теплоснабжения, исследован и рекомендован Всесоюзным теплотехническим институтом, согласован с РАО ЕЭС России, имеет санитарно-эпидемиологическое заключение и паспорта безопасности, в течение продолжительного времени применяется в России.

Таким образом, применение ингибиторов накипеобразования позволит повысить экономичность и надёжность работы оборудования, снизить себестоимость химочищенной воды с помощью:

- исключения затрат на обслуживание Na-катионитовых фильтров;
- безнакипного режима работы бойлеров и сетевых подогревателей, предотвращающего коррозию цветных и черных металлов и ликвидации существующих отложений накипи и шлама;
- снижение затрат на дополнительную очистку и ремонты теплосилового оборудования;
- обеспечения эффективной теплопередачи;
- экономии электроэнергии за счёт снижения гидравлического сопротивления трубопроводов теплосети.

Внедрение новой технологии позволит повысить эффективность природоохранной политики электростанции за счет исключения минерализованных сточных вод, образующихся в процессе регенерации Na-катионитовых фильтров.

Таблица 1 – Применение ингибитора

Годовая экономия тепла, Вт	Годовой экономический эффект, рублей	Срок окупаемости, года
53801	3890632	0,24

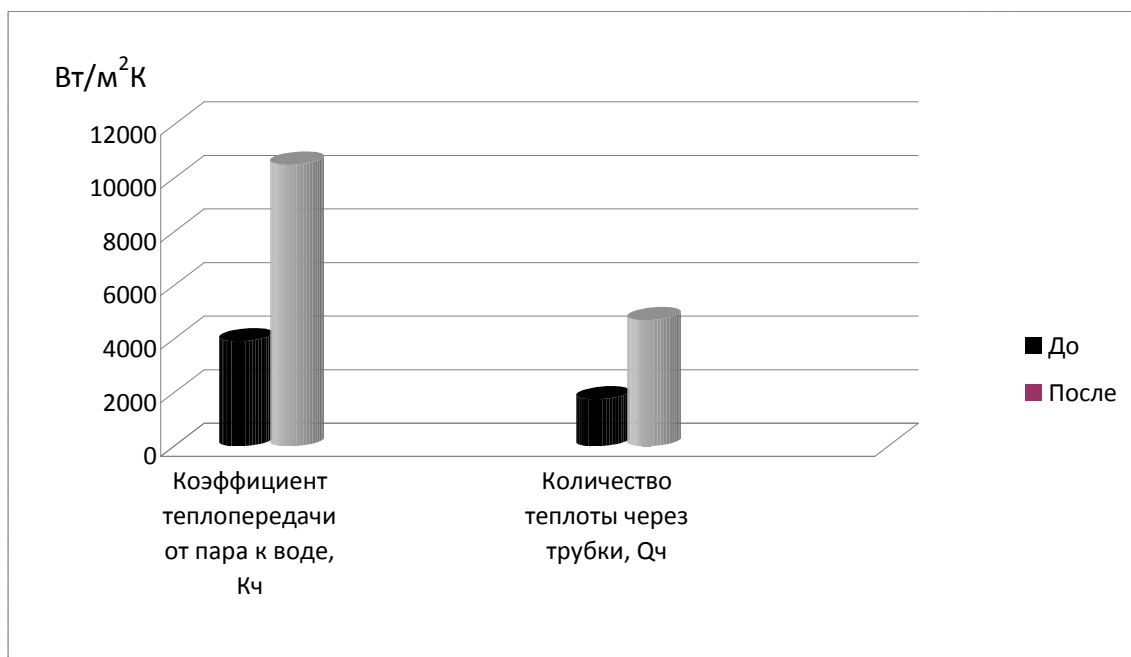


Рисунок 1 - Анализ расчетов до и после реконструкции

Выполненные расчеты показали, что количество теплоты, передаваемое через трубки при измененной схеме, увеличится в 2,5 раза, это позволит более эффективно использовать тепловую энергию.

Библиографический список

1. Быстрицкий, Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий [Текст]/ Г.Ф. Быстрицкий. – М.: Академия, - 2003.-304 с.
2. Смирнова, М.В. Теплоснабжение [Текст] М.В. Смирнова – М.: Ин-Фомго, - 2009. – 320 с.
3. Ящура, А.И. Система ТООиРэнергооборудования [Текст] / А.И.Ящура – М.: НЦЭНАС, - 2006. – 120 с.
4. Грибов, В.Д. Экономика организации [Текст]/ В.Д. Грибов. – М.: КНОРУС, - 2010. – 416 с.

УДК 621.311

ГАЗОИМПУЛЬСНАЯ ОЧИСТКА

Карасев Б.Г.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: lbogdan.karasev.97@bk.ru*

В современных экономических условиях, когда большинство предприятий находятся на грани выживания, в том числе из-за резкого повышения

цен на топливо, необходимо искать нетрадиционные технические решения, позволяющие экономить топливо, особенно такое дефицитное, как мазут. Одним из основных направлений экономии жидких и твёрдых видов топлива (мазут, дизтопливо, уголь, торф, древесные отходы и пр.) является повышение эффективности работы паровых и водогрейных котлов, сжигающих эти виды топлива, за счёт предотвращения загрязнения их поверхностей нагрева золовыми отложениями, содержащимися в дымовых газах.

Ключевые слова: системы газоимпульсной очистки, паровые и водогрейные котлы, отложения на трубах за счёт сульфатации.

Длительное время основными способами очистки поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов были, как правило, паровая продувка и дробеочистка. Паровая обдувка, наряду со значительными энерго- и трудозатратами, способствует коррозионному и эрозионному износу поверхностей нагрева, особенно при сжигании высокосернистых топлив, что сокращает срок их службы в 1,5÷2 раза, наличие влаги способствует затвердеванию отложений на трубах за счёт сульфатации, следствием чего являются частые остановки котлоагрегатов для ручной чистки; дробеочистка является сложным и энергозатратным устройством, требует значительных трудозатрат в процессе её эксплуатации и производстве ремонтных работ, не обеспечивая при этом эффективную и надёжную очистку из-за больших потерь дробы и застревания дробы в трубной системе устройства очистки и в поверхностях нагрева.

Этих недостатков лишены разработанные в АО НПО ЦКТИ, на основе собственных исследований, системы газоимпульсной очистки (ГИО) с малогабаритными импульсными камерами, предназначенные для очистки от отложений конвективных поверхностей нагрева промышленных котлоагрегатов ДКВР, ДЕ, КВГМ, ПТБМ, ГМ, БКЗ, котлов-утилизаторов металлургических, химических и нефтехимических производств, нагревательных печей нефтеперерабатывающих заводов.

Принцип работы ГИО заключается в воздействии на отложения, образующиеся на поверхностях нагрева направленной ударной акустической волны, генерируемой за счёт взрывного горения ограниченного объёма газозвушной смеси (от 0,01 до 0,1 м³), осуществляемого в импульсной камере (ИК), размещаемой вне газохода. За счёт истечения из ИК продуктов сгорания происходит комплексное волновое и термогазодинамическое воздействие на наружные отложения, теплообменные и ограждающие поверхности.

В качестве рабочих компонентов используется природный газ, топливный или баллонный газ (пропан) и компрессорный или вентиляторный воздух.

Преимущества систем газоимпульсной очистки ГИО:

- Безопасность. Работа ГИО газоимпульсной очистки не вызывает вредных воздействий на обслуживающий персонал и конструктивные элементы котла. При работе без звукоизоляции уровень шума в котельной в местах установки импульсных камер составляет 80÷90 дБ. С помощью звуко-

изоляции он может быть значительно снижен.

- Система ГИО газоимпульсной очистки не содержит вращающихся узлов, располагающихся в газоходе котла. В процессе работы взаимное расположение узлов и деталей не изменяется. В промежутках между ревизиями котлов система ГИО газоимпульсной очистки не требует профилактических ремонтов.

- Чистит любые золовые отложения. ГИО Газоимпульсная очистка успешно применяется на котлах, сжигающих жидкие и твёрдые топлива, а также на котлах-утилизаторах и энерготехнологических агрегатах различного назначения. ГИО Газоимпульсная очистка используется для очистки поверхностей нагрева, работающих в среде как нейтральных, так и агрессивных газов (SO_2 , HF и другие).

- Неизменный уровень КПД котла. Регулярное включение ГИО газоимпульсной очистки в работу позволяет поддерживать поверхности нагрева в чистом состоянии и обеспечивать КПД, значение которого близко к расчётному.

- Высокая степень защиты. Система ГИО газоимпульсной очистки находится в постоянной готовности к работе и приводится в действие нажатием кнопки с пульта управления или автоматически.

- Отсутствие "мёртвых зон" при очистке. Генерируемые импульсными камерами ударные волны распространяются во все точки газохода котла, что обеспечивает равномерную очистку поверхностей нагрева.

- Высокая технологичность. Система ГИО газоимпульсной очистки проста в изготовлении и монтаже. Систему газоимпульсной очистки ГИО можно устанавливать не только на сооружаемых котлах, но и на котлах, находящихся в эксплуатации. Время простоя котла для монтажа установки ГИО газоимпульсной очистки составляет 5÷10 суток и зависит от количества монтируемых импульсных камер.

Что даёт применение системы газоимпульсной очистки ГИО?

Применение ГИО газоимпульсной очистки взамен штатных средств очистки, кроме экономии электроэнергии за счёт улучшения аэродинамики газохода и сокращения затрат за счёт исключения ручной очистки, позволяет значительно повысить эффективность работы конвективных поверхностей нагрева котлов и камер конвекции.

КПД паровых и водогрейных котлов, работающих на жидком и твёрдом топливах, за счёт применения ГИО газоимпульсной очистки повышается до 2 %.

Применение устройств ГИО газоимпульсной очистки для очистки камер конвекции нефтенагревательных печей НПЗ позволило повысить эффективность работы конвективных поверхностей нагрева. Так, например, внедрение системы газоимпульсной очистки ГИО на печах П-100 и П-102 установки ЛК-6У Мозырского НПЗ позволило снизить температуру дымовых газов за камерами конвекции до 30°C. На печи 301/2 Чимкентского НПЗ после внедрения в 1992 году ГИО газоимпульсной очистки температура сырья за конвективной камерой повысилась на 3°C. На печи П-102 Ачинского НПЗ в

1993 году за счёт ГИО газоимпульсной очистки температура дымовых газов была снижена на 50°С при повышении температуры сырья на 4°С. На камерах конвекции печей П-2/1 и П-102 Киришского НПЗ после внедрения ГИО газоимпульсной очистки температура дымовых газов снизилась до 20°С.

Вышеприведённые данные свидетельствуют об эффективности использования устройств газоимпульсной очистки ГИО на камерах конвекции нефтенагревательных печей, а также на котлах-утилизаторах, установленных за этими печами.

Библиографический список

1. Государственные сметные нормативы. Федеральные единичные расценки на монтаж оборудования. ФЕРм 81-03-15-2001. Часть 15. Оборудование для очистки газов. – Москва : Москва, 2015. - 245 с.
2. Жуковский, Н.Е. К вопросу о давлении диэлектрического газа в электрическом поле / Н.Е. Жуковский. – Москва : ЁЁ Медиа, 2013. - 148 с.
3. Ладыгичев, М. Г. Зарубежное и отечественное оборудование для очистки газов. Справочное издание / М.Г. Ладыгичев, Г.Я. Бернер. - Москва: Наука, 2016. - 696 с.
4. Лариса, Гурец Газоочистное оборудование для комплексной очистки газов / Гурец Лариса , Иван Козий und Дмитрий Пляцук. – Москва : LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 343 с.
5. Страус, В. Промышленная очистка газов / В. Страус. – Москва : ЁЁ Медиа, 2013. - 795 с.

УДК 504.058

ХРОНОЛОГИЯ ДВИЖЕНИЯ МИРОВОГО СООБЩЕСТВА К ЕДИНЫМ ГЛОБАЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЯМ ПО ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Мигашева М.Г.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

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

В числе значительного перечня экологических проблем человечества особое место принадлежит проблеме глобального изменения климата. Возможные последствия изменения климата, связанные с антропогенными факторами, находят выражение в изменении средних значений температур. Цель работы – рассмотрение хронологии движения мирового сообщества к единым глобальным действиям по проблеме изменения климата.

Ключевые слова: Парижское соглашение, Киотский протокол, антро-

погенные факторы, парниковые газы, Всемирная метеорологическая организация, апробация.

Антропогенные факторы включают в себя деятельность человека, которая изменяет окружающую среду и влияет на климат. Во многом изменение климата в последние десятилетия объясняется увеличением испарений парниковых газов, к которым относятся углекислый газ, метан, азот, гексафторид серы и некоторые газы искусственного происхождения [1].

Климат на Земле никогда не был неизменным. Он подвержен колебаниям во всех временных масштабах – от десятилетий до миллионов лет. К числу наиболее заметных колебаний относится цикл порядка ста тысяч лет – ледниковые периоды, когда климат Земли был, в основном, холоднее по сравнению с настоящим, и межледниковые периоды, когда климат был теплее. Эти циклы вызывались естественными причинами. По мнению ряда ученых и сейчас мы находимся в «движении» от одного ледникового периода к другому, но скорость изменений очень мала – около $0,020^{\circ}\text{C}$ за 100 лет. Другое дело, что с начала промышленной революции изменение климата происходит ускоренными темпами (по порядку величины в 100 раз быстрее, чем движение к ледниковому периоду) и во многом в результате деятельности человека, выбрасывающего в атмосферу парниковые газы при сжигании ископаемого топлива, а также уничтожившего большую часть лесов планеты [2].

Для изучения вопроса Всемирная метеорологическая организация (ВМО) и Организация ООН по охране окружающей среды (ЮНЕП) в 1988 г. создали принципиально новое образование – Межправительственную группу экспертов по проблеме изменения климата (МГЭИК). В МГЭИК есть три Рабочие группы. Первая занимается регистрацией и анализом изменений климата, выявлением их причин. Вторая изучает влияние изменений климата на природу и жизнь людей. Третья группа исследует возможности снижения антропогенного воздействия на климатическую систему (прежде всего, снижения выбросов парниковых газов) [3].

В 1990 г. МГЭИК выпустила Первый оценочный доклад, который помог убедить страны, что нужно международное соглашение по проблеме климата. Началась подготовка Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК), которая завершилась в 1994 г. [4].

Известно, что развитые страны лидируют в мире по выбросам парниковых газов. На их долю приходится примерно 80 % от общего объема парниковых газов, выброшенных в мире в 1750-2005 гг. В свою очередь, развитые страны настаивают, чтобы страны с быстро развивающимися экономиками (Индия и Китай) сокращали свои выбросы парниковых газов в атмосферу [1].

Это породило концепцию действий в РКИК ООН, когда развитые страны выбросы снижают, а развивающиеся на добровольной основе могут в этом участвовать, выполняя на своей территории проекты, финансируемые

развитыми странами. Она была реализована в Киотском протоколе РКИК ООН, принятом в 1997 г. [4].

Целью Киотского протокола было уменьшение объёмов выбросов – 5% от результатов 1990 г., которую государства-участники должны были обеспечить с 2008 до 2012 г., тем самым остановить катастрофическое изменение климата [5].

38 развитых стран, а также ЕС в целом должны были в 2008-2012 гг. иметь выбросы не большие, чем определенный процент от их выбросов в 1990 г. Каждая страна определила для себя этот процент, а в сумме получалось снижение примерно на 5% [4].

Одной из задач Киотского протокола была апробация экономических механизмов, применимых именно к выбросам парниковых газов [4].

Уже через 3 года возникли проблемы – США отказались участвовать в КП. Стало понятно, что в Киото США взяли на себя обязательства по выбросам, которые требовали от них существенно больших усилий, чем требовалось другим развитым странам для выполнения их обязательств. Динамика выбросов в США была иной, чем в Европе и Японии. Та же проблема возникла у Канады, но эта страна долго решала, что ей делать, и вышла из Киотского протокола только в 2012 г. [4].

Обратная ситуация создалась для России и Украины (по стечению обстоятельств Беларусь в Киотском протоколе участвовала без обязательств по выбросам). В 1990-е гг. в России выбросы упали на 40% и образовалось огромное количество «лишних» квот. Это породило иллюзию, что их можно продать и за «воздух» получить огромные деньги [4].

В конце 2012 года были приняты решения по второму периоду обязательств по Киотскому протоколу на 2013-2020 гг [3].

В таблице 1 представлены сведения – сопоставление старой и новой концепций глобальной климатической политики.

Таблица 1 – Сопоставление старой и новой концепций глобальной климатической политики

Параметры	Старый подход (Киотский протокол)	Новый подход (Дурбанская платформа)	Комментарии
Участие в снижении выбросов	Только страны Приложения 1 (развитые страны на момент образования РКИК)	В снижении выбросов участвуют все страны (участие по схеме «снизу-вверх», т.е. предложения идут только от стран, а не определяются свыше или сообща)	Все крупные страны принимают численные обязательства (не указано, имеются ли данные числа в приложениях соглашения или они имеются в документах РКИК вне ратифицируемого соглашения)

Продолжение таблицы 1

Параметры	Старый подход (Киотский протокол)	Новый подход (Дурбанская платформа)	Комментарии
Наличие финансового механизма	Адаптационный фонд (отчисления от проектов КП), специальные фонды для наименее развитых стран	Обширный и многокомпонентный финансовый механизм. Цель: \$100 млрд./год в 2020 г. (на 2010-2012 и 2013-2015 гг. выделяется по \$30 млрд.). Важная роль частных средств и нового Зеленого климатического фонда (GCF)	Россия не входит в Приложение 2 РКИК (наиболее развитые страны) и помогает другим странам на добровольной основе. GCF на конец 2014 г. выделено >\$10 млрд. В GCF принято решение о финансировании смягчения и адаптации в соотношении 50:50 (без иных целевых «окон»)
Углеродный рынок как инструмент внедрения технологий с низкими выбросами	В основном рынок ЕС и увязанные с ним проекты МЧР и ПСО	Создание местных и национальных, инструментов рыночного регулирования. Постепенное, но медленное движение к глобальной системе.	Австралия, ЕС, Новая Зеландия, Норвегия, Швейцария, Япония – национальные рынки. Канада, Китай, США – рынки действуют на части страны. О создании национальных рынков объявлено ЮАР, Ю. Кореей и другими странами
Нерыночные действия стран и частного сектора (в том числе по охране лесов)	Не предусмотрены	Разработка систем учета и сертификации действий по снижению выбросов в развивающихся странах как деятельности по РКИК. Двусторонние действия сходные с МЧР (например, JCM)	Средства выделяются на двусторонней основе. Система REDD+ (сохранение лесов и земель в развивающихся странах). В японском Joint Crediting Mechanism (JCM) принимают участие развивающиеся страны
Дополнительные действия вне РКИК	Не предусмотрены	Вероятно расширение сотрудничества, например, по «цене углерода»	В инициативе Всемирного банка по «цене углерода» могут участвовать и объединять усилия любые страны. Россия – участник инициативы
Восприятие стран BRICS	Помощь через проекты ПСО и МЧР	Страны BRICS должны нести долю общего, глобального груза действий	Странам BRICS надо постепенно становиться донорами для слабейших стран

В РКИК ООН заложен принцип «общей, но дифференцированной ответственности» стран за выполнение главной цели конвенции – «стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему». «Сторонам, являющимся развитыми странами, следует играть ведущую роль в борьбе с изменениями климата и его отрицательными последствиями» [6].

Библиографический список

1. Проблема изменения климата и мировое сообщество [Электронный ресурс] ПОЛИТЭКС, 2010 Том 6, № 3 – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-izmeneniya-klimata-i-mirovoe-soobschestvo-1/viewer> (дата обращения 08.04.2021 г.).
2. Глобальное изменение климата [Электронный ресурс] Studwood.ru – Режим доступа: https://studwood.ru/814666/ekologiya/globalnoe_izmenenie_klimata (дата обращения 12.04.2021 г.).
3. Информационные материалы к Конференции сторон РКИК ООН в Париже/ Рамочная конвенция ООН об изменении климата: подготовка нового глобального соглашения по проблеме изменения климата на период с 2020 г. и действия до 2020 г. / Климат и энергетика / Режим доступа: <https://wwf.ru> (дата обращения 13.04.2021 г.).
4. Роль и участие РФ в климатических переговорах ООН [Электронный ресурс] ecodeo.org – Режим доступа: https://ecodeo.org/rossiyskaya_federaciya/32040-rol_i_uchastie_rf_v_klimatic_heskih_peregovorah_oon-statia (дата обращения 14.04.2021 г.).
5. Киотский протокол 1997: проблемы, результаты и перспективы [Электронный ресурс] NA 5 – Режим доступа: <https://na5.club/istoriya/kiotskij-protokol-1997-problemy-rezultaty-i-perspektivy.html> (дата обращения 15.04.2021 г.).
6. Информационные материалы к Конференции сторон РКИК ООН в Париже [Электронный ресурс] pandia.org – Режим доступа: [https://pandia.org/text/80/276/3570-14.php#:~:text=В%20РКИК%20ООН%20заложен%20принцип,его%20отрицательными%20последствиями%20\(статья%203.1\)](https://pandia.org/text/80/276/3570-14.php#:~:text=В%20РКИК%20ООН%20заложен%20принцип,его%20отрицательными%20последствиями%20(статья%203.1)) (дата обращения 16.04.2021 г.).

СОДЕРЖАНИЕ

I ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ.....	3
ПРИЗМАТИЧЕСКИЙ КОНЕЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ С ВЕКТОРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИЕЙ ПОЛЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	
Клочков М.Ю.	3
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ	
Кадина Е.Н.	6
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ЭКОНОМИКИ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ	
Варганян Д.К.....	10
МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ	
Гостевская А.Н.	14
ПРОБЛЕМА ВЫРУБКИ ЛЕСОВ В РОССИИ И ОЦЕНКА ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	
Келу Г.Г.....	18
ЗАДАЧИ ЭКОНОМИКО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	
Литвиненко Д.В.....	22
МАТЕМАТИКА В ПРОФЕССИИ СПАСАТЕЛЯ	
Рохманько В.П.	25
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИГОНОМЕТРИИ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА	
Чайкина А.В.	28
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЛИННОСТИ ПАРАЦЕТАМОЛА	
Шачнева К.С.....	32
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ	
Кирилова Е.Н., Столбов Н.Е.....	34
МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ВОЗЛЕ ИМПЛАНТАТА С ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫМ БИОИНЕРТНЫМ ПОКРЫТИЕМ СИСТЕМЫ Ti-Zr ИЛИ Ti-Nb	
Филяков А.Д., Романов Д.А., Невский С.А.....	37
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ЦЕЛЯХ	
Карапетьянц Р.А.	41
ТРАНСФОРМАЦИИ 1-R-1 ПЕРФТОРАЛКИЛЭТИНИЛЗАМЕЩЕННЫХ 1,2,3,4-ТЕТРАГИДРОИЗОХИНОЛИНОВ С УЧАСТИЕМ ЭЛЕКТРОНОДЕФИЦИТНЫХ АЛКИНОВ В ТРИФТОРЭТАНОЛЕ	
Обыденник А.Ю., Евенко Т.В.....	46

ФАГОВАЯ ТЕРАПИЯ ПРИ КОРОНОВИРУСЕ В РОССИИ Расулов М.А., Бурнатов Е.А., Ключев К.Ю., Останина Т.В., Баснакьян К.С.	50
ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ Скорохватова Д.А.	53
ДИНАМИКА КЛИНИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ПЕРИОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА БОЛЬНЫХ С ОСТРОЙ КИШЕЧНОЙ НЕПРОХОДИМОСТЬЮ Сопромадзе С.Ш.	57
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛОРИДА Sm_3Cl_7 ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 298, 15К Зайцев Н.С., Бендре Ю.В., Лежава С.А.	59
II ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ	
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСНЫХ МАШИН МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА Черник К.Н.	63
ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ И РОБОТОТЕХНИКИ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Черник К.Н.	66
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВАЛОЧНЫХ МАШИН ДЛЯ РУБОК УХОДА Черник К.Н.	71
АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ Андреев А.С., Черненко У.В.	75
АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ СУХИХ ПОРТОВ Дудин А.С.	78
АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ «СУХИХ ПОРТОВ» ПРИМОРСКОГО КРАЯ Дудин А.С.	83
СИЛОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕТЫРЕХСТЕРЖНЕВОЙ АРКИ МЕТОДОМ ПРОЕКЦИРОВАНИЯ Зокиров М.Х.	88
ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В РАЙОНЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА Калинин С.В.	92
АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ РАЙОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ) (ПОЛИГОН А) Калинин С.В.	95
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОЩНОСТИ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН Круглов М.В.	99

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ТОЧНОСТИ РАБОТЫ КРИСТАЛЛИЗАТОРА МНЛЗ ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШАРНИРАХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР Круглов Ю.В.	102
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЗУБЧАТО-РЫЧАЖНОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ С ДВУМЯ ВЫХОДНЫМИ ВАЛАМИ Мартьянов В.Д.	106
К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТРЕБУЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ СО СЛОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ Мхитарян А.Л., Томшин Д.А.	109
СОЗДАНИЕ КАНАТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ Таричко В.И.	113
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЛУЖБЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ И АЭРОДРОМНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ АЭРОПОРТА Кулаков М.В., Баталов К.А.	117
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНОЙ РЫЧАЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ 4 - ОСНЫХ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ Абдирахманов Ж.А., Балтаев М.Б.	121
КОЛЛАБОРАТИВНЫЕ РОБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ Фадеев Р.Н.	125
СИНТЕЗ ДЕСЯТИСТЕРЖНЕВОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ АРКИ Устименко А.Е., Зокиров М.Х.	129
III ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ	134
ВОДОГРЕЙНЫЙ КОТЕЛ, РАБОТАЮЩИЙ НА БИОТОПЛИВЕ Третьяков Р.С.	134
КОТЛЫ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ СЖИГАНИЯ БИОТОПЛИВА Третьяков Р.С.	138
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ Табакова А.И.	141
ПУТИ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Есимбаев А.Б.	147
ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНОУГОЛЬНЫХ БРИКЕТОВ ДЛЯ СЛОЕВОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА Есимбаев А.Б.	152

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Адамчук Б.И.	157
ОЦЕНОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Адамчук Б.И.	162
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ Павлова Г.А.	168
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ТОПЛИВА ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ГОРЕНИЯ Куртуков М.А.	175
ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ДЛЯ КОТЛОАГРЕГАТОВ СЛОЕВОГО ГОРЕНИЯ Забродин И.С.	181
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В КОТЛОАГРЕГАТАХ СЛОЕВОГО ГОРЕНИЯ Павлова Г.А.	188
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ Лопатина А.О.	194
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ Радиковская Е. С.	200
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ОГНЕУПОРНОЙ И ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ОБМУРОВКИ ПАРОГЕНЕРАТОРА ТЭЦ Блесков Д.И.	208
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Сорокин В.Ю.	212
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДКОЙ АККУМУЛЯТОРОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Половнев Г.К.	217
АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ SCADA СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЯДКОЙ АККУМУЛЯТОРОВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Половнев Г.К.	221
РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ Гилева Е.Н.	224

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ Гилева Е.Н.	228
АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ Гилева Е.Н.	231
ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОФИЛАКТИКУ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА Климович Е.Ю.	235
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ Зайцева Е.А., Шарапова Ю.С.	238
СОБЛЮДЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЕЙ В СВЕТЕ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ-2015 Кириляк М.В.	243
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МЧС Синицина Е.Ю.	248
МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МЧС Синицина Е.Ю.	251
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МЧС Синицина Е.Ю.	254
ВЛИЯНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ, НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЫ Силинский В.А.	257
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОТХОДЫ ОТ ОАО «ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ ТЭЦ» И ВАРИАНТЫ ИХ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ Галеева А.А.	261
СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЙ БАССЕЙН В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОВЛЕЧЕНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» В ОБОРОТНЫЙ ЦИКЛ Галеева А.А.	266
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ Захарова М.А., Брызгалова Е.В., Костин К.В., Нелепа Н.Ю., Домнин К.И.	269

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ Захарова М.А.	272
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ Искаков А.А., Фетисов Л.В.	277
ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ Тельнова А. С.	278
ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СХЕМЫ СКЛАДИРОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Тодорова Е.А.	283
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ МАЛОГО ГОРОДА Черных Д.В.	288
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ КОЖУХОТРУБНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ПЛАСТИНЧАТЫЕ Лобков А.Е.	291
ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ НАКИПЕОБРАЗОВАНИЯ И КОРРОЗИИ ДЛЯ КОРРЕКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ ТЕПЛОСЕТЕЙ Лобков А.Е.	296
ГАЗОИМПУЛЬСНАЯ ОЧИСТКА Карасев Б.Г.	299
ХРОНОЛОГИЯ ДВИЖЕНИЯ МИРОВОГО СООБЩЕСТВА К ЕДИНЫМ ГЛОБАЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЯМ ПО ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА Мигашева М.Г.	302

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть I

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых*

Выпуск 25

Под общей редакцией

Н.А. Козырева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 11.05.2021 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 25,6 Уч.-изд. л. 28,0 Тираж 300 экз. Заказ № 101

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ