

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ISSN 2306-8493

Научно-технический журнал

2024. Т. 15. №1

Учредитель – Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова  
(455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38)

Главный редактор:

проф., д-р техн. наук *О.Н. Тулунов*

Ответственный редактор:

канд. техн. наук *С.В. Пыхтунова*

Редколлегия:

доц., канд. техн. наук *М.В. Андросенко*

доц., канд. филол. наук *С.А. Анохина*

доц., канд. техн. наук *Н.В. Гмызина*

доц., канд. техн. наук *Ю.Н. Кондрашова*

доц., канд. ист. наук *Н.Н. Макарова*

канд. пед. наук *Е.А. Москвина*

доц., канд. арх. *Е.К. Подобреева*

Редактор: *Н.П. Боярова*

Технический

редактор: *Т.В. Леонтьева*

© ФГБОУ ВО «МГТУ  
им. Г.И. Носова», 2024

Адрес редакции:

455000, Челябинская обл.,  
г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».  
Тел. (3519) 29-84-63.  
E-mail: [pio@magtu.ru](mailto:pio@magtu.ru)

Адрес издателя:

455000, Челябинская обл.,  
г. Магнитогорск, пр. К.Маркса, 45/2,  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
издательский центр.

Адрес типографии:

455000, Челябинская обл.,  
г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,  
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
участок оперативной полиграфии.

Сведения о журнале размещаются  
в базах данных РИНЦ, ВИНИТИ  
и в сети Интернет.

16+, в соответствии с Федеральным  
законом №436-ФЗ от 29.12.10.

Выход в свет 10.09.2024 г. Заказ 246.  
Тираж 300 экз. Цена свободная.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Караулов Н.Г., Угольников Н.В., Доможиров Д.В., Бакиев В.Р.</b> Применение карьерных комбайнов как способ повысить комплексность освоения месторождений мрамора .....	3
<b>Мирсков В.В., Курочкин А.И., Мугалимова А.Р.</b> Повышение энергоэффективности асинхронных электродвигателей в приводе горных машин .....	7
<b>Колкова М.С., Горбатова Е.А., Захарова Т.Н.</b> Твердофазное превращение титаномагнетита при термической обработке в окислительной среде .....	10
<b>Литвиненко Н.В., Маврин И.Д., Идрисов А.Ф.</b> О выборе методики детальной съемки бортов карьеров при помощи БПЛА для оценки их трещиноватости .....	12
<b>Масалимов А.В.</b> О возможностях применения высокотемпературной плазмы в химической технологии .....	16
<b>Харченко А.С., Сибатуллин С.К., Байданова У.Ж., Щелоков Н.С., Семенов М.А.</b> Анализ технико-экономических показателей работы доменной печи при её раздувке с различным расходом фракционированного шлака .....	19
<b>Уфимская В.А., Пустовалов Д.О.</b> Изготовление фильтров с регулярной структурой проходных каналов для рафинирования алюминиевых расплавов .....	22
<b>Магасумов Г.З., Сысоев В.И., Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Бигеев В.А.</b> Выявление минимального количества углерода для удаления цинка из шламов ККЦ пирометаллургическим способом .....	26
<b>Неклюдов Д.Н., Лебедь А.С., Кузьмина У.В.</b> Разработка алгоритма обнаружения Wi-Fi-сетей БПЛА .....	29
<b>Андреев С.М., Прасолов А.С.</b> Определение продолжительности цикла нагрева дутья доменного воздухонагревателя с использованием имитационного моделирования .....	31
<b>Омельченко Е.Я., Лымарь А.Б., Чичугин Т.А.</b> Интеграция MATLAB SIMULINK и ROS (Robot Operating System) для разработки и симуляции робототехнических систем .....	35
<b>Гмызин А.В., Курзаева Л.В.</b> Приложения дополненной реальности как элемент обучения .....	37
<b>Зайцев Я.А., Малафеев А.В.</b> Вероятностно-статистический анализ отказов системы электроснабжения крупного промышленного предприятия .....	41
<b>Перятинский А.Ю.</b> Формирование производственного процесса на различных стадиях его жизненного цикла в условиях горнодобывающего предприятия .....	46
<b>Столяров Ф.А., Гун И.Г., Вахитов А.Р., Смирнов А.В.</b> Оценка необходимости разработки методики управления поставщиками .....	50
<b>Притула Д.В., Карелина Ю.А.</b> Нейронные сети в дизайне .....	54
<b>Зяблицева М.А., Кожина А.А.</b> Новые требования к заменителям молочного жира .....	57
<b>Питько О.А.</b> Качество современного высшего образования: проблемы и решения .....	60

---

---

<b>Москвина А.Д.</b> Нейропсихологические упражнения как средство развития когнитивных функций у детей старшего дошкольного возраста с задержкой психического развития.....	63
<b>Курушбаева Д.Т., Муратова Ж.А.</b> Роль уровня профессионализма в развитии трудового потенциала региона .....	66
<b>Белов В.К., Арцибашев С.В., Соколов Н.К.</b> К определению микротопографических характеристик поверхности оцинкованного автолиста .....	70
<b>Жемчужников Д.Ю.</b> Важные аспекты преподавания физики в средней школе.....	74
<b>Файзрахманов Н.Р.</b> Применение квантово-механической и квазиклассической волновой функции фотона в численном моделировании одно- и двухфотонной интерференции для направленного и сферически-симметричного излучения .....	78

УДК 622.35

## ПРИМЕНЕНИЕ КАРЬЕРНЫХ КОМБАЙНОВ КАК СПОСОБ ПОВЫСИТЬ КОМПЛЕКСНОСТЬ ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МРАМОРА

Караулов Н.Г., Угольников Н.В., Доможиров Д.В., Бакиев В.Р.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** В работе рассматривается комплексный подход разработки месторождений мрамора на основе использования карьерных комбайнов. Предлагается технология, включающая применение буровзрывных работ (БВР), карьерного комбайна, а также алмазно-канатных и баровых камнерезных машин. Классическая технология разработки месторождений мрамора предусматривает удаление слоя трещиноватого мрамора баровыми камнерезными машинами, такой способ значительно увеличивает продолжительность строительства карьера. Комбинированная отработка месторождения мрамора с применением карьерных комбайнов позволяет значительно сократить время строительства карьера, обеспечивая комплексность использования сырья. Для реализации данной технологии произведен расчет мощности зоны разрушения массива в зависимости от вида ВВ. Рассчитан требуемый слой мрамора, который будет обрабатываться карьерным комбайном Wirtgen. Проведена оценка экономической эффективности применения рассматриваемой технологии. Предлагаемая технология обеспечивает значительное сокращение срока строительства карьера, снижение себестоимости готовой продукции, а также комплексное освоение месторождений мрамора.

**Ключевые слова:** мрамор, микрокальцит, карьерный комбайн, буровзрывные работы, алмазно-канатная пила, баровая камнерезная машина, карьер, себестоимость добычи

Облицовочные и строительные камни являются фундаментальными ресурсами для экономического, городского и социального развития. Они имеют широкое применение во всех строительных проектах, которые подчеркивают целесообразность и экономичность использования камня [1]. По разнообразию и объемам добычи природного и облицовочного камня Россия занимает ведущую роль. Балансовые запасы по категориям А, В и С<sub>1</sub> на настоящий момент составляет около 5 млрд м<sup>3</sup> [2]. Несмотря на огромные запасы природного камня, его разработка сталкивается с рядом проблем:

1. Высокие издержки на вскрышные работы.
2. Продолжительный период строительства карьера.
3. Низкий коэффициент выхода блоков (20-35%).
4. Низкий коэффициент выхода готовой продукции (до 40%).
5. Значительная часть камня складирована в отвал.
6. Отвалы занимают огромные площади.
7. Невысокая комплексность использования добываемого сырья.

Данные проблемы приводят к недостатку в России как мраморных блоков, так и микрокаль-

цита, несмотря на значительную сырьевую базу. При добыче мраморных блоков наиболее важным является сохранение естественной блочности массива, в связи с чем применение взрывных работ непосредственно для добычи товарной продукции недопустимо. Поэтому подготовку к выемке блоков мрамора осуществляют камнерезными машинами, но применение камнерезных машин в процессе снятия трещиноватого слоя мрамора приводит к значительным затратам и может быть причиной закрытия карьера на этапе его строительства.

Одним из направлений совершенствования технологии добычи мрамора является увеличение масштабов использования в карьерах современных машин, способных высокопроизводительно и безопасно разрабатывать массивы горных пород и совмещающих в комбинированном процессе основные операции горного производства рыхление массива, погрузку и дробление отбитой горной массы. Мировая и отечественная практика показывает, что горные комбайны Wirtgen Surfase Miner надежно сочетают эти операции при выемке скальных пород прочностью до 120 МПа [3-5].

В данной работе обосновывается комбинированный способ разработки месторождений мрамора с применением алмазно-канатных пил и карьерных комбайнов Wirtgen, обеспечивающих комплексное освоение ресурсов и повышение эффективности разработки месторождения.

В настоящее время комплексное освоение полезных ископаемых является крайне актуальной задачей. Следует отметить, что при разработке месторождений мрамора комплексное освоение ресурсов особенно актуально, так как потенциально весь извлекаемый объем мрамора может быть использован для получения различных видов продукции. В то же время на большинстве карьеров по добыче мрамора доля отходов превышает 50%. Что подчеркивает наличие значительных сырьевых резервов для изготовления широкого спектра строительных материалов (рис. 1). Наряду с экономическим эффектом максимальное вовлечение добываемого сырья в получение различных видов продукции имеет значительный природоохранный эффект, который может быть реализован за счет комплексной отработки массива с применением камнерезных машин и карьерных комбайнов. Решение проблемы комплексного использования добываемого мрамора должно в первую очередь решаться за счет наиболее полного извлечения сырья из разрабатываемых месторождений и сокращению его потерь в недрах. Следует отметить, что при разработке месторождений мрамора крайне важным является сохранение свойств добываемого камня.

Предложенный подход к разработке месторождений мрамора позволяет максимально сохранить блочную часть массива, при этом обеспечивает сокращение срока строительства карьера.

Предлагаемая в данной работе схема отработки месторождений мрамора предусматривает: применение буровзрывных работ (БВР), карьерные комбайны, алмазно-канатные и баровые камнерезные машины. Данная технология предусматривает следующую последовательность ведения горных работ: вышележащий выветрелый слой мрамора подготавливается к выемке при помощи БВР, нижний слой массива с балансовыми запасами мрамора с кондиционным коэффициентом выхода товарных блоков отрабатывается алмазно-канатными и баровыми камнерезными машинами, промежуточный слой, частично нарушенный взрывом, отрабатывается при помощи карьерного комбайна.

Удаление трещиноватого слоя мрамора с применением БВР обеспечивает значительное сокращение срока строительства карьера, а снятие промежуточного слоя мрамора с помощью комбайнов фирмы Wirtgen, частично нарушенного взрывом, обеспечивает доступ к основной толще мрамора без повреждений массива. Снижение срока строительства карьера крайне важно при разработке месторождений мрамора, так как позволяет уточнить качество получаемой блочной продукции с нижних горизонтов в более ранний период. Следует отметить, что снимаемый промежуточный слой мрамора предполагается использовать для получения микрокальцита, что обеспечивает комплексное использование добываемого сырья.

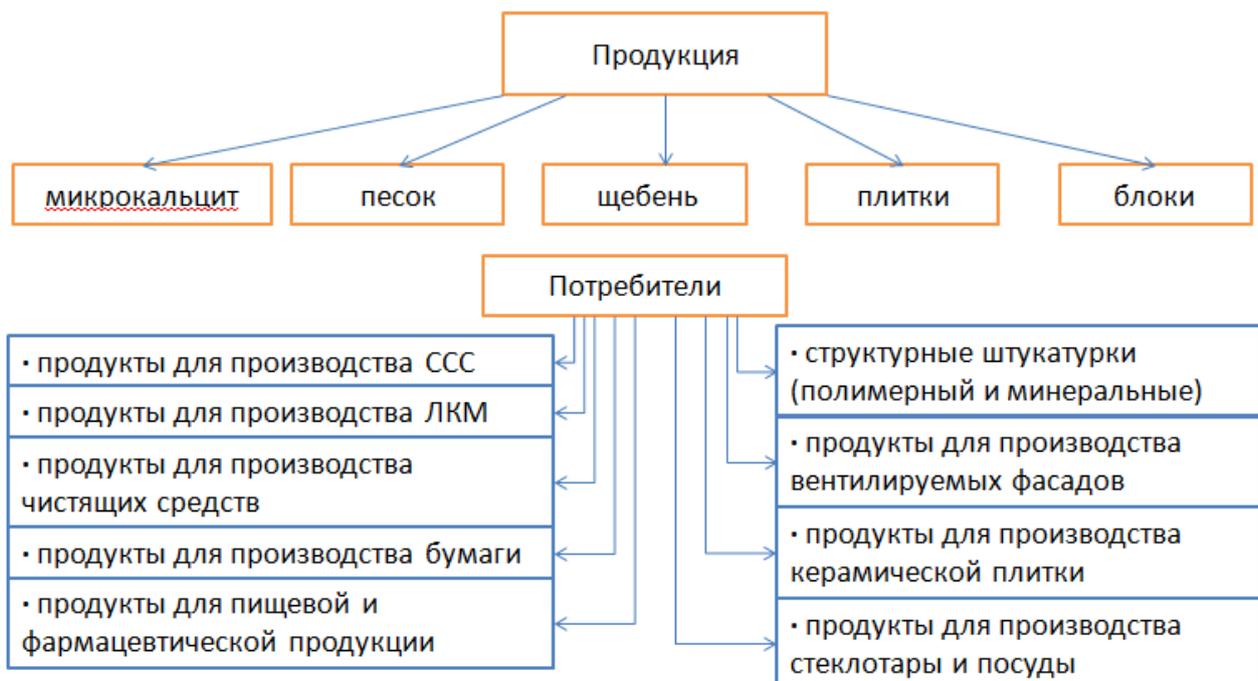


Рис. 1. Виды получаемой продукции из мрамора

Необходимо отметить, что предлагаемая технология предусматривает особые требования к проектированию и производству БВР с точки зрения сохранения требуемой блочности камня при производстве массовых взрывов. В связи с чем необходимо определить минимальную мощность слоя мрамора, которая будет разрушена взрывными работами и которая в последствии будет обрабатываться комбайном. Для оценки распространения радиуса зоны трещиноватости и определения мощности промежуточного слоя природного камня была выбрана методика Андриевского А.П. и Зуева А.Е. [6].

Анализ методики Андриевского А.П. и Зуева А.Е. показывает, что данная методика учитывает не только влияние параметров горных пород и диаметра заряда, но и характеристики взрывчатого вещества на радиус зоны трещинообразования. В виду данного фактора на основе данной мето-

дики были определены зоны распространения трещиноватости для различных ВВ, которые представлены на рис. 2.

На основе расчетов приведенных на рис. 2, толщина промежуточного слоя природного камня для скважинных зарядов Гранулита АС-4 диаметром 160 мм повлечет за собой трещинообразование в радиусе 3,4 м, что удовлетворяет условию по мощности слоя, обрабатываемого карьерным комбайном.

Анализ экономической эффективности применения комбинированной технологии с использованием карьерных комбайнов представлен в таблице. Для оценки экономической эффективности применения комплексной технологии добычи мрамора было проведено сравнение себестоимости добычи одного кубометра горной массы по традиционной технологии и с применением карьерного комбайна и буровзрывных работ.

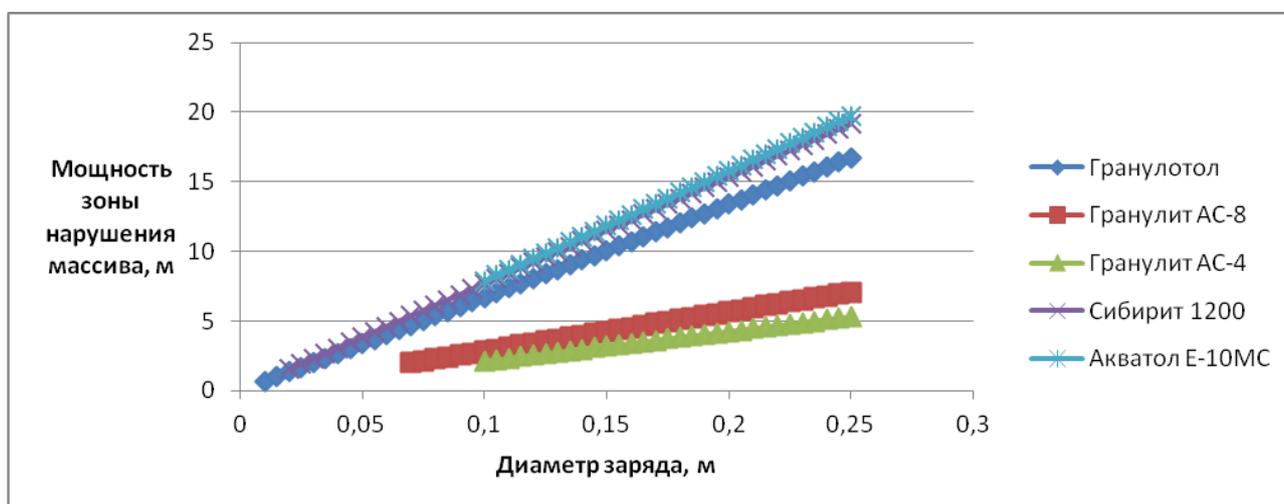


Рис. 2. Изменение мощности зоны разрушения массива в зависимости от вида ВВ по методике Андриевского А.П. и Зуева А.Е.

Сравнение себестоимости и ее элементов для классической и комплексной технологии добычи природного камня

Элементы затрат	Себестоимость на 1 м <sup>3</sup> Г.М.	
	Себестоимость при комплексной разработке мрамора, руб.	Себестоимость при классической схеме разработки мрамора, руб.
Основная ЗП	45,22	297,06
Дополнительная ЗП	4,69	30,49
Отчисления из ЗП	14,22	93,35
Энергетические затраты	32,89	327,71
Вспомогательные материалы и топливо	100,79	9,04
Амортизация ОС	44,70	44,39
Текущий ремонт ОС	52,87	135,07
<b>Итого по участку</b>	<b>295,39</b>	<b>937,10</b>

Результаты расчетов, представленные в таблице, указывают, что себестоимость продукции получаемой при комплексной обработке месторождения, будет значительно ниже, чем при классической технологии.

Таким образом, предлагаемая комбинация обеспечивает следующие преимущества в сравнении с классической технологией, когда слой трещиноватого мрамора удаляется с помощью баровых камнерезных машин:

- значительное сокращение срока строительства карьера;
- высокая производительность вскрышных работ с попутной подготовкой нижележащего массива к выемке карьерным комбайном;
- повышение выхода блочной продукции, так как наиболее трещиноватый массив отрабатывается с применением комбайна;
- снижение затрат в процессе получения микрокальцита за счет предварительного дробления в забое;
- снижение себестоимости готовой продукции;
- комплексность освоения месторождения мрамора;
- снижение площади, занимаемой отвалами.

#### Список источников

1. Современные способы вскрытия рабочих горизонтов при разработке месторождений мрамора / Першин Г.Д., Голяк С.А., Уляков М.С., Караулов Н.Г., Сорокин И.С., Домнин В.Ю., Иштакбаев Р.Ф.

// Успехи современного естествознания. 2014. № 12-3. С. 225-230.

2. Караулов Н.Г., Каримов Т.Р., Белесева К.В. Выбор способа подготовки блоков к выемке при разработке прочных горных пород // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов международной научно-технической конференции. Магнитогорск, 2017. Т.1. С. 26-29.
3. Опытно-промышленные работы по безвзрывной технологии выемки доломитов комбайнами Wirtgen 2200 SM на карьере «Митино» / Пихлер М., Тополев А.А., Моргачев Р.Б., Панкевич Ю.Б., Панкевич М.Ю. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/ogr/162-opytno-promyshlennye-raboty-po-bezvzryvnoj-tekhnologii-vyemki-dolomitov-kombajnami-wirtgen-2200-sm-na-karere-mitino>
4. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Некоторые технологические особенности работы комбайнов Wirtgen Surface Miner на открытых разработках URL: <http://neftegaz.ru/en/science/view/536>
5. Ввод в эксплуатацию карьерного комбайна Wirtgen 2500 SM в карьере Черногорского месторождения ГУП «Чеченцемент» / Пихлер М., Габаев С.А., Панкевич Ю.Б., Панкевич М.Ю. URL: <http://www.mining-media.ru/ru/article/ogr/3584-vvod-v-ekspluatatsiyu-karernogo-kombajna-wirtgen-2500-sm-v-karere-chernogorskogo-mestorozhdeniya-gup-chechentsement>
6. Андриевский А.П., Зуев А.Е. Методика определения параметров взрывания шпуровых и скважинных зарядов, позволяющих исключить перебур и минимизировать выход негабарита // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: [www.science-education.ru/108-9081](http://www.science-education.ru/108-9081)

#### Сведения об авторах

**Караулов Николай Геннадьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [n\\_karaulov@mail.ru](mailto:n_karaulov@mail.ru). ORCID 0000-0003-4685-5402

**Угольников Никита Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [ugkit@mail.ru](mailto:ugkit@mail.ru). ORCID 0000-0003-2274-2753

**Доможиров Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [dvd1975@mail.ru](mailto:dvd1975@mail.ru). ORCID 0000-0001-9904-5820

**Бакиев Вадим Рустамович** – студент группы ГД – 20-3, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [mazabrazza777@gmail.com](mailto:mazabrazza777@gmail.com).

УДК 621.31

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ПРИВОДЕ ГОРНЫХ МАШИН

Мирсков В.В., Курочкин А.И., Мугалимова А.Р.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Сегодня эффективная промышленная добыча полезных ископаемых в Российской Федерации напрямую зависит от надежной работы электроприводов горных машин и их вспомогательного оборудования. Ввиду непрекращающегося роста спроса на уголь и ценные металлы, жестких экологических требований для их получения ставятся задачи рационального потребления электроэнергии, повышения производительности добычи полезных ископаемых, анализа и разработки новых технико-технологических методик исполнения электроприводов горных машин.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, горные машины, привод, энергоэффективность, энергопотребление

Современные темпы роста добычи полезных ископаемых в нашей стране обязывает развивать надежность и производительность горного оборудования многообразного функционального исполнения, что неизбежно приводит к необходимости совершенствования их приводных систем, в частности асинхронных электродвигателей, которые приводят в движение подъемные, вращающиеся, вибрационные и другие основные механизмы машин.

Работа в тяжелейших условиях эксплуатации, таких как вибрации, запыленность, тяжелые массы вращающихся частей машины, приводят к частым выходам из строя приводных электродвигателей горных машин.

Таким образом, ремонтная служба горнодобывающих предприятий выделяет для себя следующие решения:

1) Списание и утилизация асинхронного электродвигателя без разбора и дефектовки деталей.

2) Списание и утилизация асинхронного электродвигателя с разбором и дефектовкой деталей.

3) Классический капитальный ремонт.

Анализ проведенных исследований и различных экспертиз [1, 2] дает информацию, что около 7% всех электродвигателей на промышленных предприятиях России ремонтируются либо модернизируются и около 1% приходят в негодность из-за поломок и плохого состояния конструктивных элементов и низких магнитных показателей электротехнической стали статора (рис. 1).



Рис. 1. Состояние статора в результате выхода из строя асинхронного электродвигателя

Однако списание и утилизация электродвигателей без разбора и дефектовки деталей однозначно приведет к потере драгоценных, содержащихся в металле двигателя ресурсов, таких как: медь, бронза, латунь, алюминий, особые марки стали для изготовления валов и подшипников, которые создаются в особом оригинальном исполнении с существенными финансовыми и трудовыми затратами. Реализация вышедшего из строя асинхронного электродвигателя в металлический лом, а также переплавка приводит к разубоживанию эталонной марки стали и сводит на «нет» её получение при новой выплавке.

Утилизация асинхронного электродвигателя с разбором и дефектовкой деталей, наоборот, дает возможность сэкономить при сохранении ценных материалов и оригинальных металлических изделий, но возникает необходимость в присутствии дополнительной техники, машин и персонала, обладающего нужными компетенциями.

Таким образом, исключая всё вышеописанное, приходим к методу классического капитального ремонта электродвигателя, который предлагается выполнять с повышением энергоэффективности за счет внедрения в статор двигателя дополнительной обмотки [1], подключаемой к компенсирующей установке [2] в следующей последовательности:

1. Разборка двигателя, обжиг, очистка и правка пазов статора с фиксацией всех величин.

2. Определение активной стали статора для установления фактических потерь активной мощности.

3. Действия для оценки возможности проведения капитального ремонта.

4. Непосредственно капитальный ремонт асинхронного двигателя с дальнейшими тестовыми испытаниями.

Энергоэффективность достигается не за счет увеличения массы активных материалов двигателя, как это происходит у европейских производителей, а за счет перераспределения массы меди одной трехфазной обмотки статора на две трехфазные обмотки и применения малогабаритного компенсирующего устройства – трехфазного конденсатора регламентированной емкости [1, 2].

Одна из трехфазных обмоток называется рабочей. Она включается по обычным схемам – звезда или треугольник на трехфазный источник питания. Другая трехфазная обмотка называется компенсационной. Эта обмотка включается на трехфазный конденсатор определенной емкости, соединенный в схему звезда или треугольник.

При перемотке снижается потребление электроэнергии в среднем 30%. Дополнительные затраты на капитальный ремонт с повышением энергоэффективности окупаются в среднем за полгода [3, 4].

Рассмотрим пример установки электродвигателя на буровую проходческую установку DF-B1 после капитального ремонта с повышением энергоэффективности (рис. 2).

На проходческой установке установлен асинхронный трехфазный электродвигатель мощностью 55 кВт [5], который приводит в движение гидронасосы для гидравлического управления манипулятором и перфоратором.



Рис. 2 Буровая проходческая установка DF- B1

Потребление электроэнергии традиционного электродвигателя

$$P = 55 \cdot 5000 \cdot 0,7 = 192\,500 \text{ кВт/год.}$$

Потребление электроэнергии после капитального ремонта с повышенной энергоэффективностью

$$P_k = 40 \cdot 5000 \cdot 0,7 = 140\,000 \text{ кВт/год.}$$

Экономия без учета капиталовложений на ремонт:

$$192\,500 - 140\,000 = 52\,500 \text{ кВт/год} \cdot 7 \text{ руб. за кВт} \cdot \text{ч} = 367\,500 \text{ руб.}$$

Таким образом, опираясь на расчеты, делаем вывод, что при снижении годового энергопотребления за счет модернизации асинхронного электродвигателя существенно повышается экономия электрической энергии.

#### Список литературы

1. Методика диагностики и идентификации неисправностей обмоток асинхронного двигателя в режиме его функционирования / Р.Г. Мугалимов, А.Р. Мугалимова, Ю.А. Калугин, К.Э. Одинцов // Электротехнические системы и комплексы. 2018. № 3(40). С. 70-78. DOI 10.18503/2311-8318-2018-3(40)-70-78.
2. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Определение емкости компенсирующего конденсатора асинхронного двигателя с индивидуальной компенсацией реактивной мощности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 3-4. С. 115-120.
3. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Технология реконструкции традиционных асинхронных двигателей на энергосберегающие варианты // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2013. Т. 1, № 1. С. 56-61.
4. Vagin V. S., Kurochkin A. I., Karpesh A. A. Compact Mobile Sinking Hoists Creation Prospects // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 21-24. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.431.

5. Основы функционирования гидро- и электроприводов : практикум [Электронный ресурс] / А.И. Курочкин, Д.М. Айбашев, А.М. Филатов, С.В. Подболотов. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. 188 с.

#### Сведения об авторах

**Мирсков Владислав Вячеславович** – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

**Курочкин Антон Иванович** – кандидат технических наук, заведующий кафедрой горных машин и транспортно-технологических комплексов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: a.kurochkin@magtu.ru. ORCID 0000-0003-3287-4653

**Мугалимова Алия Рифовна** – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: aliya.mugalimova@gmail.com. ORCID 0009-0009-3589-2970

---

УДК 544.015.4

## ТВЕРДОФАЗНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ ТИТАНОМАГНЕТИТА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ В ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Колкова М.С., Горбатова Е.А., Захарова Т.Н.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** В исследовании были представлены результаты экспериментов, в ходе которых изучались твердофазные превращения титаномагнетита при окислительном обжиге. В результате удалось снизить степень химического состава неоднородности минерального и микроагрегатов титаномагнетита за счёт перераспределения элементов в процессе диффузии и формирования более стабильных минеральных фаз.

**Ключевые слова:** гематит, титаномагнетит, термическая обработка, окисление минералов, твердофазные превращения

В зависимости от условий термической обработки титаномагнетитовых руд могут образовываться различные продукты окисления. Например, при низких температурах и недостаточной концентрации кислорода образуется магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), который сохраняет магнитные свойства. При высоких температурах и избыточной концентрации кислорода образуются гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и ильменит ( $\text{FeTiO}_3$ ), которые теряют магнитные свойства [1].

Твёрдофазное превращение может происходить по двум механизмам:

– Диффузионный механизм. Этот механизм предполагает, что окисление происходит за счёт диффузии кислорода через решётку титаномагнетита. Диффузия кислорода приводит к образованию оксидов железа и титана на поверхности титаномагнетита. Затем эти оксиды распространяются вглубь титаномагнетита, вызывая его твердофазное превращение.

– Реакционный механизм. Этот механизм предполагает, что окисление происходит в результате реакции между титаномагнетитом и кислородом. Реакция приводит к образованию оксидов железа и титана непосредственно на месте контакта титаномагнетита с кислородом. Затем эти оксиды распространяются по всему объёму титаномагнетита, вызывая его твердофазное превращение.

Оба механизма могут действовать одновременно, но один из них может преобладать в зависимости от условий термической обработки.

При термической обработке в окислительной среде происходит окисление железа и титана. В результате образуются оксиды железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и титана ( $\text{TiO}_2$ ). Оксид железа является ферромагнитным, то есть он обладает магнитными свой-

ствами. Оксид титана является парамагнитным, то есть не обладает магнитными свойствами [2, 3].

Таким образом, направленное изменение рудных минералов в процессе окислительного обжига достигается при температуре  $1100^\circ\text{C}$  с получением новых минеральных фаз – гематита, псевдобрукита и рутила.

Все опыты по термической обработке были выполнены в металлургической лаборатории. Пробы разных классов титаномагнетитовой руды нагревались в разных временных интервалах (24, 48, 72 часов) и далее подвергались дальнейшему изучению [4].

Результаты позволили отследить процесс превращения титаномагнетита и ильменита в стабильные минеральные фазы.

Микроагрегаты титаномагнетита имеют неоднородную структуру, включающую в себя области с мартитизированным титаномагнетитом и зёрна ильменита, в связи с этим процессы окисления в микроагрегатах различных минеральных ассоциаций протекали по-разному.

Микроагрегаты титаномагнетита представляют собой сложные структуры, состоящие из различных минеральных ассоциаций. Эти ассоциации включают в себя области с мартитизированным титаномагнетитом и зёрна ильменита.

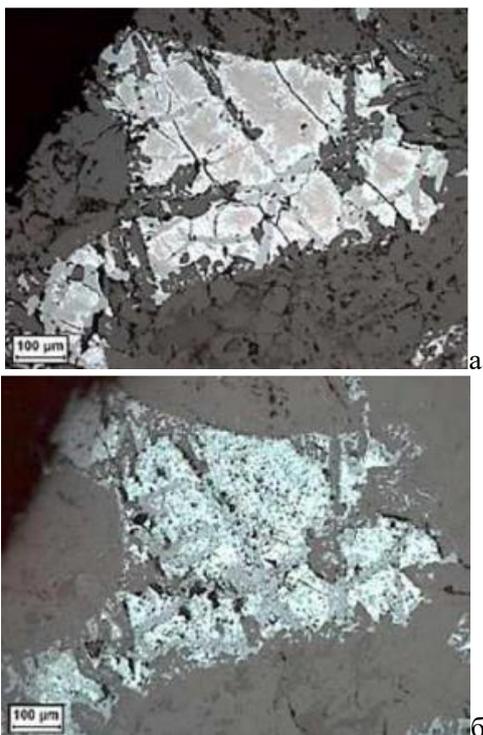
Из-за такой неоднородной структуры процессы окисления в микроагрегатах протекают по-разному. Это связано с тем, что различные минеральные ассоциации имеют разные свойства и по-разному реагируют на окисление. Например, мартитизация титаномагнетита может привести к образованию более стабильных оксидов железа, которые менее подвержены дальнейшему окислению. В то же время зёрна ильменита могут продолжать окисляться, образуя новые соединения.

Таким образом, микроагрегаты титаномагнетита являются сложными объектами для изучения процессов окисления. Они требуют детального анализа и понимания их структуры и состава, чтобы полностью понять механизмы окисления и их влияние на свойства материала.

Эксперимент позволил зафиксировать процесс преобразования титаномагнетита и ильменита.

В итоге твердофазных превращений мартитизированный титаномагнетит (с ламелями ильменита) изменился с формированием микроагрегатов псевдобрукит-гематитового состава.

Ильменит, как самостоятельная фаза, преобразован в сложные мелкозернистые агрегаты рутил-псевдобрукитового состава (см. рисунок).



Титаномагнетитовый агрегат до (а) и после (б) эксперимента.

Отраженный свет, николи параллельны

Данные согласуются с диаграммой состояния системы  $Fe_2O_3-TiO_2$  [1, 5, 6].

Термическая обработка микроагрегатов титаномагнетита приводит к снижению их внутренней неоднородности.

Эти минеральные фазы в процессе термической обработки укрупняются, образуя твёрдые растворы, микроагрегаты титаномагнетита становятся более однородными.

Окислительный обжиг титаномагнетитов уменьшает степень неоднородности их химического и минерального составов, что может привести к повышению раскрываемости вновь образованных минералов в технологических продуктах и увеличению извлечения ценных компонентов.

Оптимальными классами являются  $-0,25+0,125$  мм и  $-0,125+0,071$  мм с временным интервалом 72 часа.

#### Список литературы

1. Патнис А. Основные черты поведения минералов / пер. с англ. М. : Мир, 1983. 304 с.
2. Чернышева Л.В., Смелянская Г.А., Зайцева Г.М. Типоморфизм магнетита и его использование при поисках и оценке рудных месторождений. М. : Недра, 1981. 235 с.
3. О природе пластинчатых образований в титаномагнетите / А.И. Цветков, В.С. Мясников, Н.И. Щепочкина, Н.А. Матвеева // Известия Академии Наук СССР. М. : Наука, 1965. Вып. 2. С. 16–32.
4. Твердофазные превращения титаномагнетита и ильменита при окислительном обжиге вкрапленной титаномагнетит-ильменитовой руды Медведского месторождения и некоторые геологические следствия (Южный Урал) / Горбатова Е.А., Холоднов В.В., Пирогов Б.И., Колкова М.С., Шагалов Е.С. // Геология рудных месторождений. 2021. Т. 63. № 5. С. 451-475.
5. Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов. Киев : Наукова Думка, 1970. 544 с.
6. Хисина Н.Р. Субсолидусные превращения твердых растворов породообразующих минералов. М.: Наука, 1987. 208 с.

#### Сведения об авторах

**Колкова Мария Сергеевна** – кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: kolkova\_ms@mail.ru. ORCID 0000-0001-5667-1629.

**Горбатова Елена Александровна** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: Lena\_gorbatova@mail.ru. ORCID 0000-0003-4251-2381.

**Захарова Татьяна Николаевна** – студент гр. ГД-21-4, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: zakharovaaaaaa@vk.com

УДК 622.1:528.7

## О ВЫБОРЕ МЕТОДИКИ ДЕТАЛЬНОЙ СЪЕМКИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ ПРИ ПОМОЩИ БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

Литвиненко Н.В., Маврин И.Д., Идрисов А.Ф.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Оценка устойчивости бортов карьеров и отвалов является одним из основных вопросов, обеспечивающих безопасность разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом и её экономическую эффективность. С развитием современных технологий стало возможным применение беспилотных летательных аппаратов для выполнения аэрофотограмметрической съемки бортов карьеров с последующей оценкой параметров залегания поверхностей ослабления. Для изучения методики применения аэрофотограмметрической съемки бортов карьеров при помощи БПЛА для оценки их трещиноватости была выполнена детальная аэрофотосъемка с разными параметрами и выбран наиболее оптимальный вариант.

**Ключевые слова:** аэрофотограмметрическая съемка, способы съемки карьера, плановая съемка карьера, перспективная съемка карьера, комбинированная съемка карьера, использование БПЛА для оценки трещиноватости карьера, оценка устойчивости бортов карьеров и отвалов

Оценка устойчивости бортов карьеров и отвалов является составной частью комплекса геологических, маркшейдерских и иных наблюдений, достаточных для обеспечения нормального технологического цикла работ и прогнозирования опасных ситуаций, своевременного определения и нанесения на планы горных работ опасных зон. Поэтому контроль за безопасностью проводимых горных работ является важной задачей маркшейдерской службы на любом горнодобывающем предприятии.

Правилами обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов устанавливается требование о необходимости составления геомеханических моделей месторождений с объемом разработки горной массы от одного миллиона кубических метров и более, а также при комбинированном способе ведения горных работ. Одними из элементов, которые отражаются в геомеханической модели месторождения, являются основные и второстепенные структуры (разломы, напластование, складчатость, системы трещин), которые уточняются в ходе картирования (выполняется определение характеристик элементов залегания поверхностей ослабления) либо определении параметров залегания поверхностей ослабления на основе результатов маркшейдерской съемки [1, 2].

Маркшейдерская съемка бортов карьеров и уступов может быть выполнена методом аэрофотограмметрической съемки с применением БПЛА. Так как при данном методе обеспечивается требуемая точность, высокая производительность и

безопасность выполнения работ, аэрофотосъемка является наиболее предпочтительным способом решения поставленной задачи.

Согласно техническому заданию, результаты маркшейдерской съемки должны обеспечивать высокую детальность съемки и соответствовать показателю GSD – 1 см/пиксел. GSD (ground sample distance) – это показатель, используемый при картографировании и съемке с БПЛА для определения фокусного расстояния, разрешения и расстояния камеры до объекта.

Для обеспечения требуемой точности на стадии подготовки работ был выполнен расчет необходимой высоты полета БПЛА. Для характеристик камеры БПЛА, DJI Phantom 4 pro, расчетная высота полета составила 35 м, что соответствует разрешению съемки 1,047 см/пикс.

$$GSD = \frac{Sw \cdot H \cdot 100}{f \cdot Nx},$$

где  $GSD$  – размер пикселя на земле, см/пиксел;  
 $Sw$  – ширина сенсора камеры, мм;  
 $H$  – высота съемки, м;  
 $f$  – фокусное расстояние, мм;  
 $Nx$  – ширина кадра снимка, пикс.

Для обеспечения стабильной и безопасной работы БПЛА на высоте 35 м необходимо создать план полета с огибанием рельефа и сооружений на территории съемки, в нашем случае карьер Малый Куйбас. Для этого на подготовительном этапе выполняется плановая аэрофотосъемка на большой высоте для построения цифровой модели местности (ЦММ) (рис. 1–3).

DJI Phantom 4 pro					
Высота кадра, пикс		3648			
Ширина кадра, пикс		4864			
Мпикс.		20			
Физ.Размер пикселя, мкм		2,61			
Фокусное расстояние, мм		8,8			
Ширина сенсора, мм		12,8			
Масштаб съемки	GSD, см/пикс.	Максимальная высота полета, м		Высота полета Н, м	GSD, см/пикс
1:500	3,5	117,04		35	1,046651
1:1000	7	234,08			
1:2000	14	468,16			
1:5000	35	1170,4			

Рис. 1. Определение высоты полета БПЛА

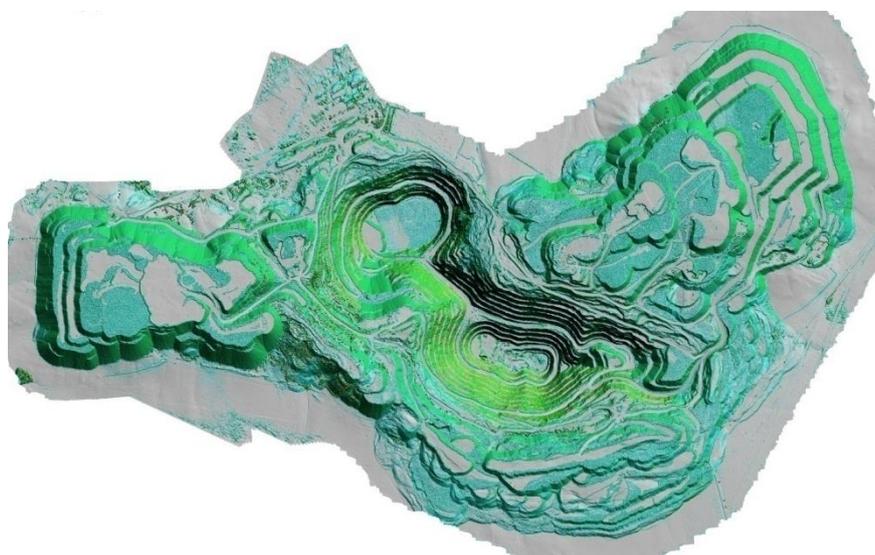


Рис. 2. Цифровая модель местности



Рис. 3. План полета с учетом огибания рельефа по построенной ранее ЦММ

Для выполнения детальной съемки бортов карьера существуют следующие способы аэрофотосъемки (рис. 4, 5):

- плановая (камера снимает перпендикулярно поверхности);
- перспективная (камера под углом к поверхности);
- комбинированная (съемка производится при двух положениях камеры).

Были подготовлены планы полета с учетом данных способов и выполнены аэрофотосъемки по подготовленным планам. После обработки и анализа полученных исходных материалов и результатов можно сказать, что плановая и перспективная способы не удовлетворили требованиям детальности и точности для дальнейшей стати-

стической обработки, предъявляемой техническим заданием.

При этом анализ исходных материалов и результатов комбинированного способа показал лучшую детализацию и точность. Главным недостатком при этом оказался огромный объем исходных данных и, следовательно, увеличение времени на камеральную обработку результатов съемки. Для оптимизации обработки результатов было принято решение разделить территорию съемки на сектора меньшего размера и выполнить аэрофотосъемку с последующей обработкой по каждому сектору отдельно.

В результате получены облака точек бортов карьеров месторождения Малый Куйбасс с детальностью, соответствующей требованиям технического задания – с разрешением 1 см/пиксел.

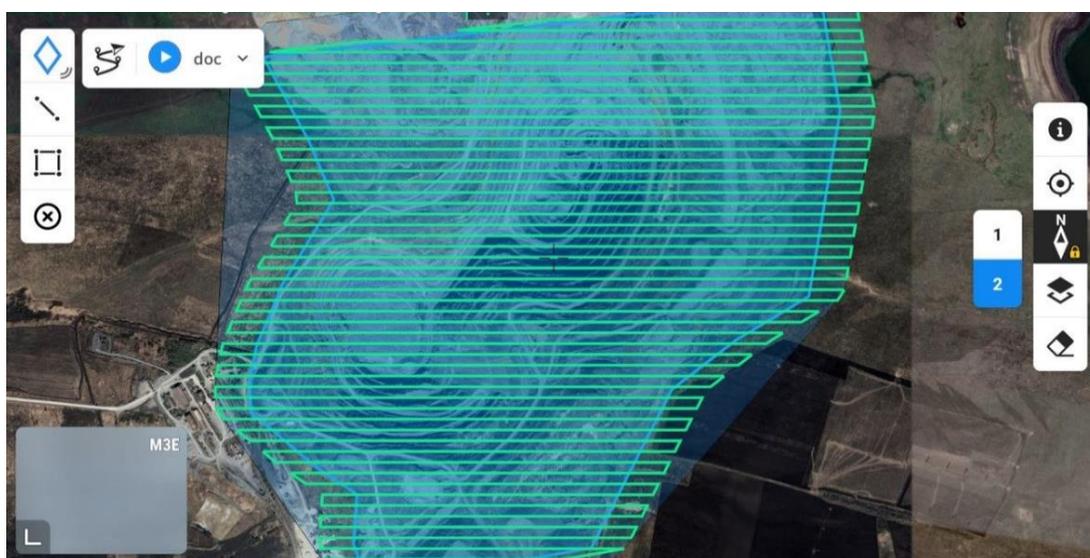


Рис. 4. План полета плановой и перспективной съемки

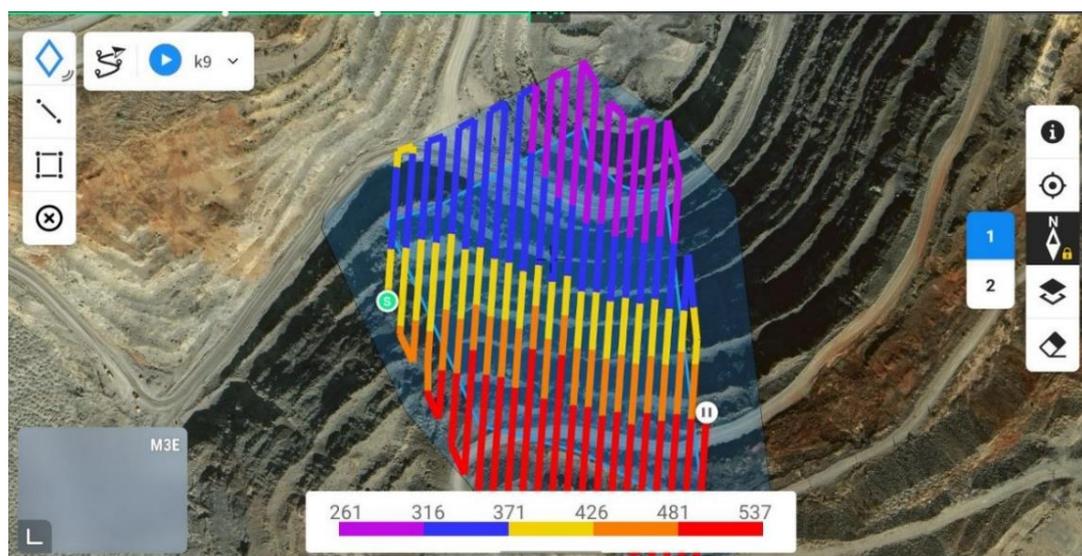


Рис. 5. Комбинированный план полета аэрофотосъемки

## Список литературы

1. Приказ Ростехнадзора от 19.05.2023 №186 «Об утверждении Правил осуществления маркшейдерской деятельности».
2. Приказ Ростехнадзора от 13.11.2020 № 439 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила обеспечения устойчивости бортов и уступов карьеров, разрезов и откосов отвалов"».
3. Чернышев С.Н. Трещиноватость горных пород и ее влияние на устойчивость откосов. М.: Недра, 1984. 111 с.
4. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б., Фам К.Ф. Планирование маршрутов полета БПЛА в задачах группового патрулирования больших протяженных территорий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2023. Т. 24. № 7. С. 374–381.
5. Смолич С.В. Маркшейдерское дело: предрасчет точности маркшейдерско-геодезических работ : учебное пособие. Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. 352 с.
6. <https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000153696>
7. <https://www.vnedra.ru/tehnologii/ispolzovanie-bpladlya-syomki-obektov-otkrytyh-gornyh-rabot-12029/>
8. Съёмка складов полезных ископаемых аэрофотограмметрическим способом при помощи БПЛА / Ю.Д. Маврин, Н.В. Литвиненко, Е.А. Романько, С.О. Каргунова // Маркшейдерия и недропользование. 2020. №4(108). С. 51-53.
9. Анализ применяемых методов мониторинга за деформациями бортов карьеров / О.С. Колесатова, Е.А. Романько, Н.В. Литвиненко, Ю.Д. Маврин // Актуальные проблемы горного дела. 2019. № 1. С. 3-7.
10. Анализ факторов, влияющих на устойчивость бортов карьеров / Н.В. Литвиненко, Т.В. Филиппова, Е.А. Горбатова, О.С. Колесатова// Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2011. Т. 1. № 69. С. 40-43.
11. Литвиненко Н.В., Маврин Ю.Д., Шакиров А.А. О возможности применения неспециализированных БПЛА для выполнения маркшейдерских съёмок // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск, 2019. С. 77.

## Сведения об авторах

**Литвиненко Николай Валерьевич** – старший преподаватель кафедры ГМДиОПИ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID 0000-0003-0819-4367

**Маврин Илья Дмитриевич** – студент гр. ГД-20-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

**Идрисов Айтуган Фанисович** – студент гр. ГД-20-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [lini\\_89@mail.ru](mailto:lini_89@mail.ru)

УДК 66.088

## О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Масалимов А.В.

Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа

**Аннотация.** В статье приведен обзор современных направлений развития химико-технологических процессов, связанный с развитием и внедрением процессов применения высокотемпературной плазмы. Показаны перспективы плазмохимических процессов в отношении конверсии различных газов, переработки нефтяных остатков, а также коксования углей. Дана оценка целесообразности развития и внедрения в химико-технологические процессы методов переработки с использованием плазмы.

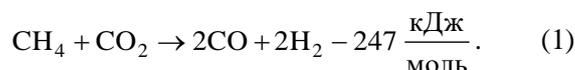
**Ключевые слова:** высокотемпературная плазма, плазмохимические процессы, плазменная переработка топлива, конверсия газов, крекинг, коксование

В последние годы большое внимание уделяется разработке высокоэффективных энергетических технологий [1, 2]. Одним из перспективных направлений развития таких технологий в процессах переработки топлив является применение высокотемпературной плазмы. Несмотря на относительную новизну данного направления химической технологии оно бурно развивается в отношении всех видов органических топлив.

Традиционно высокотемпературной называют плазму, обладающую температурой более 10 эВ (1 эВ=11604 К), что эквивалентно значению температуры порядка 110000 К и соответствует полной ионизации всех атомов плазмы. Однако на практике данное значение сильно зависит от плотности плазмы и может быть значительно ниже, и практически применимыми значениями являются температуры выше 0,2 эВ (2200 К). При этом главной особенностью проведения химико-технологических процессов в плазме является образование значительно большей концентрации реакционноспособных частиц. При этом в плазме относительно легко протекает расщепление органических молекул по связям С-С (энергия связи 6,2 эВ) и С-Н (энергия связи 5,5 эВ). В связи с этим наиболее целесообразно использование процессов плазмохимической переработки топлив так, где это связано с процессами деструкции, такие как крекинг или висбрекинг, а также там, где существует необходимость интенсификации процесса, например в угольных горелках. Кроме того, применение плазмы может быть эффективно использовано для интенсификации процессов коксования.

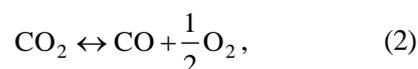
Ещё одним направлением применения плазменных технологий являются процессы конвер-

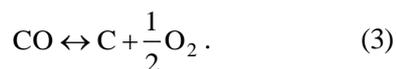
сии газа. Конверсия метана – широко распространённый процесс, применяемый для получения водорода и ацетилена [3]. При этом используют кислородную и паровую конверсию. В условиях плазменного разряда возникает термодинамически неравновесная система, которая при сообщении молекулам энергии порядка 10 эВ позволяет запустить процесс, называемый углекислотной конверсией метана (реакция 1):



При этом синтез является управляемым, и меняя параметры плазменного разряда, можно изменять состав продукта. При этом может достигаться как высокая степень конверсии метана в синтез-газ (до 75% при селективности синтеза СО 68% и соотношении  $\text{H}_2/\text{CO}$  в продуктах 1,05), так и в ацителен (степень конверсии 99,9%, селективность синтеза ацителена 98,5%). Энергетические затраты при этом составляют порядка 1МВт·ч/т. При этом, если углекислотной конверсии подвергать смесь метана и более тяжелых углеводородов ( $\text{C}_2\text{-C}_3$ ), то можно добиться снижения затрат энергии и повысить выход синтез-газа. Подобная технология позволяет не только повысить эффективность получения синтез-газа, но и повысить экологическую составляющую, за счет возможности вовлечения в процесс дымовых газов.

Ещё одним вариантом переработки газов с применением плазмохимических технологий является конверсия углекислого газа с получением смеси СО и кислорода в соответствии с реакциями:





Реакция (2) протекает в плазме температурой выше 1,5 эВ, а реакция (3) начинается при энергиях выше 6 эВ. В результате прямой реакции образуется нестехиометрическая смесь кислорода и угарного газа с выходом до 6% от теоретически возможного [5]. При этом разбавление смеси азотом повышает выход CO до 15%.

Образующиеся в данном процессе активные радикалы кислорода приводят к активной эрозии электродов и металлических поверхностей, а также активно способствуют окислению CO обратно в CO<sub>2</sub> по выходу из зоны плазменного разряда. В связи с этим разбавление реакционной смеси инертными компонентами (азот и инертные газы), а также быстрое охлаждение покидающей плазменный разряд смеси является путем интенсификации процесса и повышения выхода CO. Таким образом, дымовые газы являются очень удачным исходным сырьем для такого технологического процесса, что позволит снизить объемы выбросов за счет их вовлечения в химико-технологические процессы и снизить экологическую нагрузку в промышленных регионах.

В РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина совместно с ИВТ РАН был проведен ряд исследований стримерного импульсно-частотного разряда, который характеризуется рождением свободных электронов с энергией 10-15 эВ, наличием высокой напряженности электрического поля 100-200 кВ/см на фронте волны ионизации и ультрафиолетовым излучением. Время развития одного цикла разряда составляет десятки наносекунд, в результате чего образующаяся плазма является сильнонеравновесной и холодной. Применение такой установки для конверсии углекислого газа показало на 40% более высокую эффективность по сравнению с классической генерацией плазмы в СВЧ-плазматроне.

Следующим перспективным направлением является применение плазмохимических технологий в процессах крекинга и висбрекинга [6]. Кратковременное воздействие высокоэнергетических электронов плазмы на мазуты и тяжелые остатки запускает процессы деструкции и снижения молекулярной массы содержащихся веществ. При этом по сравнению с атмосферной разгонкой на 75-80% увеличивается выход фракций с температурой кипения ниже 450 °С. При этом основными продуктами такой деструкции являются соляровая и бензиновая фракции. Кроме того, данный метод позволяет получать из тяжелых остатков дополнительные количества растворителя и судового маловязкого топлива. Вязкость получае-

мого в остатке мазута после проведения процесса снижается до 1200 сСт по сравнению с 2100 сСт при атмосферной разгонке, что позволяет также использовать эту технологию и в процессах висбрекинга. Кроме того, разработаны технологии [2] очистки нефтепродуктов от серы с применением плазменно-мембранных установок, позволяющие дополнительно получать чистый водород и элементарную серу.

Таким образом, применение плазмохимических технологий в процессах крекинга и висбрекинга позволяет увеличивать глубину переработки нефти с повышением выхода ценных продуктов.

Технологические решения на основе плазмы также применимы и при интенсификации процесса коксования за счет увеличения скорости нагрева и повышения температуры в простенках коксовых батарей [7]. В этом случае возможно применение плазмотронов для отопления коксовых печей как совместно с коксовым газом, так и в качестве его замены. Кроме того, плазмотроны не требуют окислителей и таким образом можно создавать высокотемпературную неокислительную среду, используя в качестве газа-теплоносителя при генерации плазмы водород, инертные газы, азот или монооксид углерода. Это позволит обогревать угольную шихту напрямую, а не через стенку, ещё более интенсифицировав процесс и, возможно, сделав важный шаг на пути создания эффективной технологии непрерывного коксования.

Однако в этом случае необходимо учитывать ряд факторов, такие как конечная температура коксования и влияние скорости нагрева на процесс коксования. На рис. 1 показан состав продуктов газовой фазы при плазмохимической переработке твердого топлива.

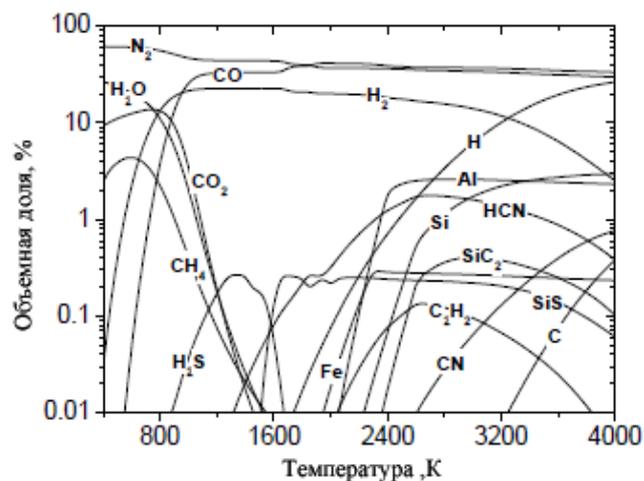


Рис. 1. Зависимость состава газовой фазы от температуры при плазмохимической переработке

При этом процесс скоростного коксования в плазме ведет к получению большего количества смолы за счет того, что интенсифицируются процессы испарения и образующаяся пластическая масса начинает испаряться раньше, чем вступает в процессы превращения, вследствие чего повышается её вязкость. Это же приводит к увеличению температуры кипения каменноугольной смолы и, соответственно, к увеличению выхода пека. При этом в смоле будет увеличиваться доля одно-, двух- и трехкольчатых ароматических углеводородов за счет снижения полиядерных соединений, что увеличит выход бензола и нафталина в цехе улавливания.

Такой процесс будет оказывать негативные эффекты при коксовании углей средней и высокой степени метаморфизма, снижая прочность получаемого кокса, однако положительный эффект достигается за счет того, что в данном процессе возможно использование шихт на основе углей низкой степени метаморфизма, что позволяет расширить сырьевую базу процесса коксования. При этом получаемый кокс будет обладать более активной поверхностью и, соответственно, большей реакционной способностью.

Таким образом, плазмохимические технологии открывают широкий спектр возможностей по интенсификации, углублению и совершенствованию химико-технологических процессов. Их применение позволяет вовлекать в процесс ранее не использовавшиеся компоненты, такие как отходящие дымовые газы, управлять процессом с селективным получением целевого вещества. Неравновесный характер процессов в плазме усложняет управление процессом и оптимизацию условий, однако именно этот характер процессов позволяет эффективно осуществлять процессы, протекание которых ранее было затруднено или нерентабельно. На сегодняшний день описанные процессы уже проходят стадию опыт-

но-промышленных испытаний, а ряд из них уже внедрены в технологические процессы.

#### Список литературы

1. Мессерле В. Е., Устименко А. Б. Плазмохимические технологии переработки топлив // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plazmohimicheskie-tehnologii-pererabotki-topliv> (дата обращения: 01.02.2024).
2. Высокоэффективные плазменные технологии для нефтяной и газовой промышленности / Иванов В.Н., Никитин Б.М., Брыков С.И., Эйленкриг Г.С., Русанов В.Д., Животов В.К., Дресвин С.В., Иванов Д.В. // Экспозиция Нефть Газ. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vysokoeffektivnye-plazmennye-tehnologii-dlya-neftyanoi-i-gazovoy-promyshlennosti> (дата обращения: 01.02.2024).
3. Арутюнов В. С., Крылов О. В. Окислительные превращения метана. М.: Наука, 1998. 361 с.
4. Углекислотная конверсия метана в синтез-газ путем электрофизического воздействия / Касенова Ж.М., Ермагамбет Б.Т., Нурғалиев Н.У., Абылғазина Л.Д., Холод А.В. // Наука, техника и образование. 2016. №10 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uglekislota-konversiya-metana-v-sintez-gaz-putem-elektrofizicheskogo-vozdeystviya> (дата обращения: 02.02.2024).
5. Плазмохимическая конверсия углекислого газа с получением монооксида углерода / Котелев М.С., Гущин П.А., Иванов Е.В., Исаенков Ю.И., Нестеров Е.В., Винокуров В.А. // Баш. хим. ж.. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plazmohimicheskaya-konversiya-uglekislogo-gaza-s-polucheniem-monooksida-ugleroda> (дата обращения: 05.02.2024).
6. Karpenko E.I., Messerle V.E., Ustimenko A.B. Plasma Aided Combustion and Fuels Utilization // Proceedings of the tenth International Conference on Combustion and Energy Utilisation (10th ICCEU). Mugla University. Mugla. Turkey. 04-08 May. 2010. P. 2 - 9.
7. Плазмохимическая переработка угля / Жуков М.Ф., Калинин Р.А., Левицкий А.А., Полак Л.С. М.: Наука, 1990. 200 с.

#### Сведения об авторах

**Масалимов Алексей Валерьевич** – кандидат технических наук, младший научный сотрудник НИО (исследований перспективных военных технологий), ФГАУ «Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа. E-mail: era\_otd2@mil.ru. ORCID: 0000-0002-4502-2727

УДК 669.162.28

## АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ПРИ ЕЁ РАЗДУВКЕ С РАЗЛИЧНЫМ РАСХОДОМ ФРАКЦИОНИРОВАННОГО ШЛАКА

Харченко А.С.<sup>1</sup>, Сибгатуллин С.К.<sup>1</sup>, Байданова У.Ж.<sup>1</sup>, Щелоков Н.С.<sup>1</sup>, Семенюк М.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

<sup>2</sup>ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», Магнитогорск

**Аннотация.** Исследовали раздувочные периоды работы доменной печи объемом 1370 м<sup>3</sup>, оснащённой конусным загрузочным устройством, после ремонта 3 разряда длительностью 92–98 часов, отличающиеся использованием в составе шихты фракционированного шлака. В периодах задувок и раздувок оценивали состояния горна показателями: количество шлака, остающегося в горне после выпуска; содержание углерода в чугуне. Эффективному проведению раздувки с позиции расхода кокса содействовали: повышенное качество кокса по показателям М<sub>10</sub> и М<sub>25</sub>; лучшее состояние горна печи по показателям дренажной способности. Такие действия обеспечили уменьшение удельного расхода кокса на 12,4% при выводе доменной печи на рабочие параметры после ремонта 3 разряда. Эффективному проведению раздувки с позиции удельного расхода кокса содействовало применение фракционированного шлака. Для ускоренного доведения показателей процессов до номинальных уровней целесообразно выявить рациональные его расходы.

**Ключевые слова:** доменная печь, фракционированный шлак, раздувочный период, ремонт 3 разряда, удельный расход кокса

Вывод доменной печи после ремонта состоит из раздувочного периода, включающего в себя доведение основных параметров до рабочих показателей [1].

В работе исследовали работу доменной печи, оснащенной конусным загрузочным устройством, объемом 1370 м<sup>3</sup>, после ремонта третьего разряда. В раздувочных периодах в шихте применялся фракционированный доменный шлак, расход которого увеличивался от 91 до 153 т. Параметры загрузки шихтовых материалов приведены в табл. 1.

В периоде I расход фракционированного шлака составлял 91 т на весь период раздувки, в периоде II его расход увеличили до 153 т. В периоде II по сравнению с периодом I использовали кокс более высокого качества по показателям: М<sub>25</sub> – увеличение составило 2,4 % абс., М<sub>10</sub> и содержание серы – уменьшение составило соответственно 0,41 % абс. 0,04 % абс. (табл. 2).

Таблица 1

Параметры загрузки шихтовых материалов

Параметры загрузки шихтовых материалов	Расход фракционированного шлака, т	
	91	153
Номер периода	I	II
Режим загрузки шихтовых материалов в печь: – на остановку – на раздувку	КККК КРРК	
Масса компонентов шихты на остановку, т:		
– кокс	676	654
– железорудное сырьё	597	615
Рудная нагрузка шихты на остановку, т/т	0,88	0,94
Масса компонентов от начала раздувки до достижения давления дутья 250 кПа, т:		
– кокс	1778	2661
– железорудное сырьё (ЖРС)	5559	8749
В том числе фракционированный шлак	91	153
Рудная нагрузка шихты в раздувочном периоде, т/т	3,13	3,29

Таблица 2

Показатели качества кокса в среднем за период остановки печи и ее раздувки до давления дутья 250 кПа

Наименование	Расход фракционированного шлака, т	
	91	153
Номер периода	I	II
Показатели технического анализа, %:		
A <sup>d</sup>	11,37	11,62
S <sup>d</sup>	0,45	0,41
Холодная прочность кокса по показателям, %:		
M <sub>25</sub>	87,22	89,62
M <sub>10</sub>	8,07	7,66

Увеличение расхода фракционированного шлака в периоде II по сравнению с периодом I от 91 до 153 т улучшило тепловое состояние горна печи, что позволило вести процесс раздувки с меньшим на 12,4% удельным расходом кокса (табл. 3). Положительное действие на удельный расход кокса в периоде II наряду с улучшенными показателями его холодной прочности оказывала чистота коксовой насадки по наличию в ней мелкой фракции и спели углерода кокса. В периоде II по сравнению с периодом I в предшествующие две недели до остановки печи показатель растворимости углерода в чугуна и количество шлака, оставшегося в горне после выпуска, уменьшились соответственно на 2,2 % абс. и 3,5 т (табл. 4). Однако уменьшение удельного расхода кокса в периоде II по сравнению с периодом I сопровождалось увеличением продолжительности раздувочного периода на 9 часов (см. табл. 3).

Таблица 3

Показатели работы доменной печи в исследуемые периоды

Наименование параметров	Расход фракционированного шлака, т	
	91	153
Номер периода	I	II
Длительность ремонта, ч	92	98
Длительность загрузки шихтовых материалов на остановку печи, ч	12	
Длительность от начала раздувки до давления дутья 250 кПа, ч	60	69
Давление горячего дутья на конец режима загрузки КРРК, кПа	188	154
Удельный расход кокса, включающий шихту на остановку и раздувку до достижения давления дутья 250 кПа, кг/т ЖРС	404	354

Таблица 4

Показатели дренажной способности горна доменной печи в предшествующие две недели до остановки печи

Номер периода	I	II
Показатель растворимости углерода в чугуна, %	98,0	95,8
Количество шлака, оставшегося в горне после выпуска продуктов плавки, т	16,0	12,5

Таким образом, в период раздувки доменной печи, оснащенной КЗУ, после ремонта III разряда расход фракционированного доменного шлака зависит от приоритета показателя оптимизации:

– для экономии удельного расхода кокса в ущерб времени раздувочного периода целесообразно использовать фракционированный шлак в составе шихты в количестве до 153 т;

– для экономии времени вывода печи на рабочие параметры в ущерб удельного расхода кокса расход фракционированного шлака целесообразно уменьшить от 153 до 91 т.

#### Список литературы

1. Жеребин Б.Н. Практика ведения доменной печи. М.: Металлургия, 1980. 248 с.
2. Мишин Ю.П., Козлов Г.И. О конкурентоспособности российской чёрной металлургии // Сталь. 2021. № 2. С. 58-61.
3. Рациональные технологические решения при производстве чугуна в доменных печах ПАО «ММК» / Харченко А.С., Сибгатуллин С.К., Павлов А.В., Полинов А.А. // Чёрные металлы. 2021. № 12. С. 10-15.
4. Совершенствование доменного процесса за счет создания условий для увеличения потребления природного газа применением сырья повышенной прочности / Сибгатуллин С.К., Харченко А.С., Чернов В.П., Бегинюк В.А. // Черные металлы. 2017. № 8. С. 27-33.
5. Снижение удельного расхода кокса в доменной печи воздействием на зону замедленного теплообмена / Харченко А.С., Сибгатуллина М.И., Харченко Е.О., Макарова И.В., Сибгатуллин С.К., Бегинюк В.А. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2023. Т. 66. № 4. С. 394-402.
6. Особенности неустановившегося теплового состояния доменных печей АО «Уральская сталь» / Искаков И.Ф., Куницын Г.А., Сибгатуллин С.К., Харченко А.С., Сибгатуллина М.И., Макарова И.В. // Теория и технология металлургического производства. 2021. № 2 (37). С. 11-18.
7. Визуальная модель загрузки шихты в доменную печь / Сибгатуллин С.К., Харченко А.С., Филиппов Е.Г., Подберезный А., Сагадиев С. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2019. Т. 10. № 1. С. 77-79.
8. Совершенствование хода доменного процесса повышением расхода природного газа по газодина-

мике в верхней ступени теплообмена / Сибатуллин С.К., Харченко А.С., Бегинюк В.А., Селиванов В.Н., Чернов В.П. // Вестник Магнитогорского гос-

ударственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т. 15. № 1. С. 37-44.

#### Сведения об авторах

**Харченко Александр Сергеевич** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: as.mgtu@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0454-6399

**Сибатуллин Салават Камилевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: 10tks@mail.ru

**Байданова Ульяна Жумасейтовна** – аспирант кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: iglikovau75@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2599-6476

**Щелоков Николай Сергеевич** – магистрант кафедры металлургии и химических технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

**Семенюк Михаил Александрович** – заместитель главного металлурга, ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск.

УДК 621.74

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФИЛЬТРОВ С РЕГУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ ПРОХОДНЫХ КАНАЛОВ ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ РАСПЛАВОВ

Уфимская В.А., Пустовалов Д.О.

ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь

**Аннотация.** Рассмотрены существующие на производстве типы фильтров для рафинирования алюминиевых расплавов при заливке форм. Показана схема фильтрации расплава при заливке в условиях прохождения потока через различные типы фильтров. Предложена схема выполнения внутренних каналов фильтров, обеспечивающих высокие адгезионные свойства за счет развитой поверхности контакта. Проведено численное моделирование процесса протекания расплава по каналам формы с фильтром и без него. Предложены варианты технологии создания матриц каналов и применяемых керамических составов для создания фильтров.

**Ключевые слова:** фильтрация расплавов, численное моделирование процесса, качество отливок

В связи с растущими требованиями к эксплуатационным свойствам литых заготовок необходимо повышать их механические свойства. Одним из способов повышения механических характеристик является очистка расплава от различных включений, влияющих на внутреннюю структуру будущего изделия. Существует два способа очистки: печная и внепечная обработки. Печная обработка заключается в добавлении в расплав специальных реагентов, способствующих переходу включений в шлак, который удаляют перед разливкой. Внепечная обработка заключается в проведении фильтрации расплава через различные виды фильтров, обеспечивающих улавливание включений непосредственно в процессе разливки сплава.

На производстве применяют прессованные, экструдированные, сетчатые и пенокерамические фильтры. Каждый из перечисленных типов фильтров обладает своим особым набором гидромеханических и адсорбционных свойств, являющихся основными характеристиками фильтра. Кроме того, каждый тип фильтра обладает своей схемой фильтрации расплава.

Самой простой схемой фильтрации обладает сетчатый фильтр, как показано на рис. 1, а. Тело фильтра представляет собой сетку, фильтр не имеет адсорбционных свойств вследствие отсутствия адсорбционной поверхности. В процессе протекания расплава через сетчатый фильтр включения улавливаются сеткой и накапливаются на ее поверхности, образуя дополнительный фильтрующий слой и улавливая последующие попадающие на фильтр включения. Однако более мелкие вклю-

чения беспрепятственно проходят через фильтр и попадают в расплав.

Прессованные и экструдированные фильтры имеют одинаковую схему фильтрации, как представлено на рис. 1, б, поскольку идентичны по сечению. Каналы таких фильтров имеют простую форму сечения, вследствие чего является малая адсорбционная поверхность. Отличаются эти два типа фильтров прочностными характеристиками: прессованный фильтр обладает большей прочностью, чем экструдированный [1]. Фильтрация расплава происходит следующим образом: включения, превышающие по размеру габариты сечений каналов, остаются на поверхности фильтра, а более мелкие включения проходят по каналам фильтра и улавливаются адсорбционной поверхностью (улавливание происходит по той причине, что фильтр и включения имеют частично схожий химический состав). Однако некоторые включения, оставшиеся на адсорбционной поверхности, отрывает проходящим по каналу расплавом и утягивает в отливку.

Схема фильтрации расплава пенокерамическим фильтром представлена на рис. 1, в. Пенокерамические фильтры обладают высокими фильтрационными свойствами, однако их существенным недостатком является сама структура фильтра – фильтр представляет собой набор хаотично расположенных неодинаковых ячеек различных форм и размеров [2]. Такая структура не позволяет обеспечить равномерный поток металла, а также исключает прогнозирование степени фильтрации расплава и площади адсорбционной поверхности. В процессе фильтрации расплава проходит по системе неравномерно, сама же фильтрация происходит за счет улавливания

включений адсорбционной поверхностью фильтра. Включения также задерживаются на входной поверхности фильтра [3]. Однако в процессе изготовления данного фильтра часто образуются тонкие керамические перемишки, которые проламываются расплавом и утягиваются им в отливку.

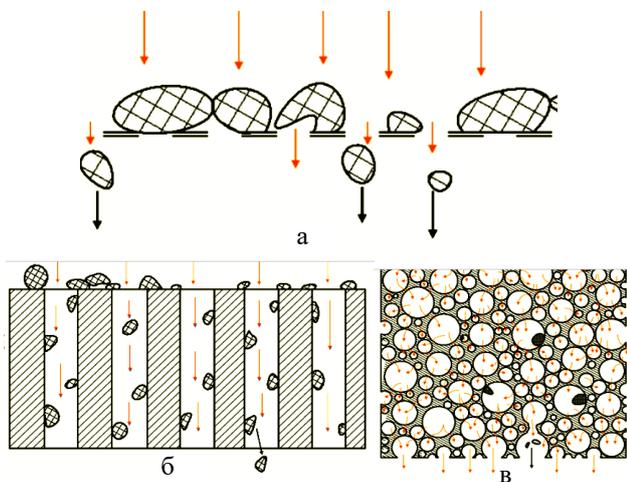


Рис. 1. Схемы фильтрации:

а – сетчатым фильтром;

б – прессованным и экструдированным фильтрами;

в – пенокерамическим фильтром

Попадание включений в отливку ведет к огромным экономическим издержкам, поскольку существуют стандарты на количество включений в отливке, а анализ состояния отливки является дорогостоящим, так же как и ликвидация последствий своевременного и несвоевременного обнаружения брака [4, 5].

В данной работе предложена технология получения керамических фильтров с заданной регулярной структурой каналов. Под понятием «регулярная структура» подразумевается такое строение каналов, когда сечение и направление каналов фильтра изменяются по спроектированной схеме. Регулярная структура обеспечивает возможность прогнозирования степени фильтрации, а также позволяет проектировать и задавать необходимую по величине площадь адсорбционной поверхности.

Разработанная технология изготовления керамического фильтра заключается в изготовлении матрицы каналов из модельного состава, представленной на рис. 2, а, последующего нанесения керамической суспензии, сушке, вытопке воска и прокатке фильтра. 3D-модель готового фильтра представлена на рис. 2, б. Предполагаемая схема фильтрации для такого фильтра представлена на рис. 2, в. Фильтрация происходит таким образом: наиболее крупные включения остаются на входной поверхности фильтра, а прочие улавливаются адсорбционной поверхностью. Форма каналов

предупреждает отрыв включений от адсорбционной поверхности и упрощает их улавливание. Также при выходе из фильтра сплав обладает ламинарным течением.

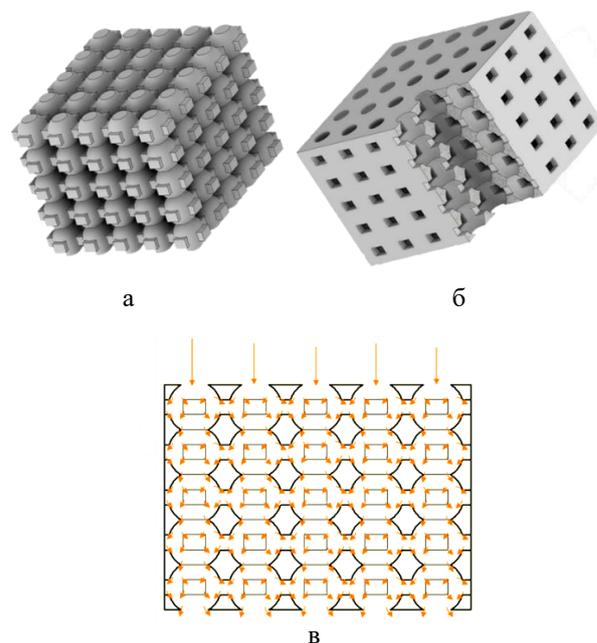


Рис. 2. 3D-модель каналов керамического фильтра (а), 3D-модель керамического фильтра (б) и схема фильтрации расплава фильтром с регулярной сложной структурой (в)

Для спроектированного фильтра с регулярной структурой провели численное моделирование, в ходе которого рассматривалось поведение потока расплава при прохождении через фильтр. Изменение скоростей потока расплава при расположении фильтра в шлакоуловителе представлены на рис. 3.

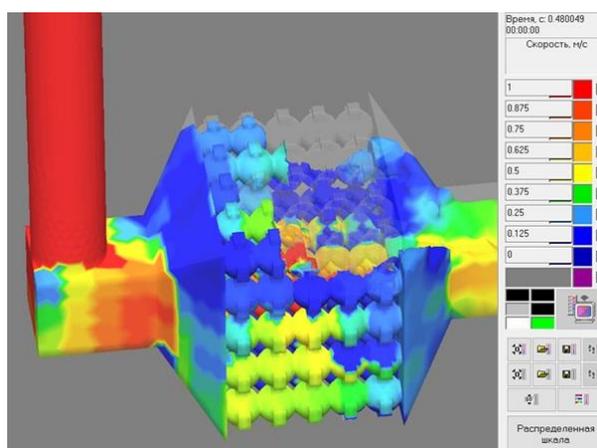


Рис. 3. Изменение скорости расплава, проходящего через фильтр

Также проводилось сравнение скоростей при заполнении формы с фильтром и без, как представлено на рис. 4.

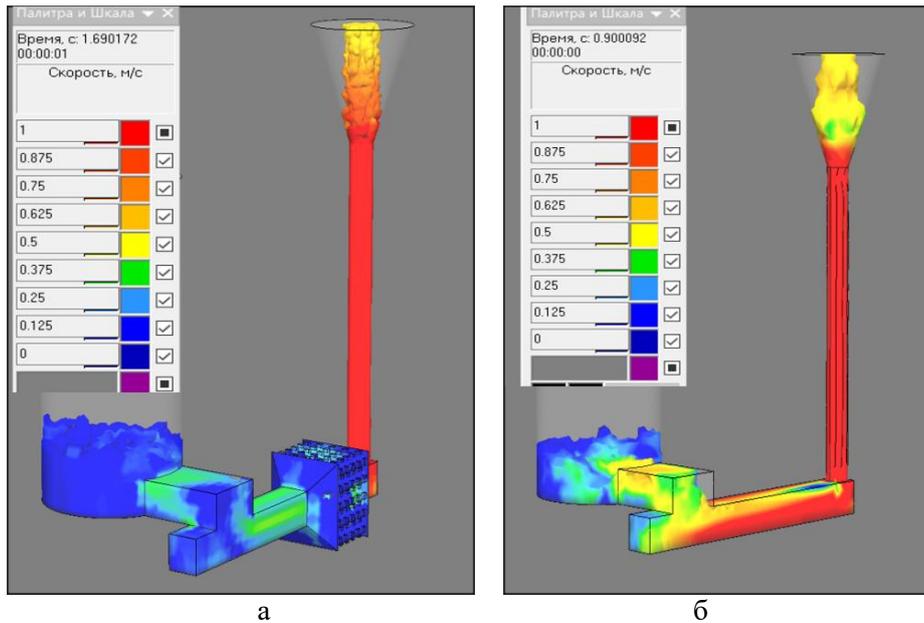


Рис. 4. Сравнение скорости расплава: а – проходящего через фильтр; б – при отсутствии фильтра

Скорость прохождения расплава по частям литниковой системы с фильтром и без него имеют высокое расхождение на идентичных этапах процесса заливки.

Для создания непосредственно фильтра применялись различные варианты суспензий:

1) Состав: ГС-20 + АСД + Муллит плавленный. Состав дал усадку при высыхании + трещины.

2) Состав: АСД + ГС -20 + Муллит плавленный + F100 корунд + NaOH.

3) Состав:

1 слой: АрмосилКС + электрокорунд вязкость 77-83

2 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 35-40

3 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 35-40 + обсыпка F100

4 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 28-30 + обсыпка F54

5 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 28-30

Состав:

1 слой: АрмосилКС + электрокорунд вязкость 77-83 + обсыпка F100

2 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 35-40 + обсыпка F100

3 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 35-40 + обсыпка F100

4 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 28-30 + обсыпка F100

5 слой: Армосил АМ + АСД + электрокорунд вязкость 28-30

Полученные фильтры прошедшие отбраковку по видимым дефектам керами полученные на основе составов 3 и 4, представлены на рис. 5.

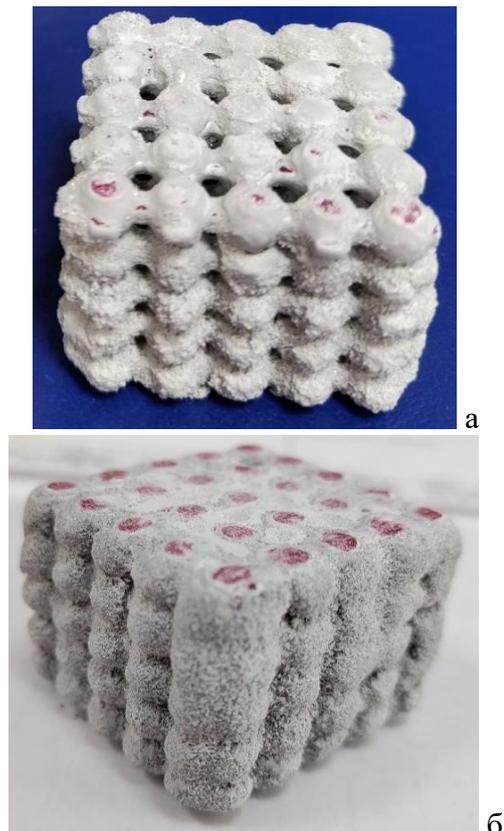


Рис. 5. Фильтры, полученные в ходе экспериментов: а – состав 3; б – состав 4

В ходе экспериментов было установлено, что полученная матрица имеет ряд неточностей, полученных в результате ручной сборки. В следствии этого в слоях керамики возникали избыточные напряжения, что приводило к ее разрушению на этапах сушки и вытопки модельного состава. Было принято решение модифицировать модель внутреннего строения фильтра и применить при ее изготовлении аддитивные технологии: 3Д-печать на FDM-принтере из пластика ABS.

#### Список литературы

1. Бабашов В.Г., Варрик Н.М., Карасева Т.А. Пористая керамика для фильтрации расплавов металлов и горячих газов (обзор) // Труды ВИАМ. 2020. №8 (90).
2. Roučka J., Šenberger J., Veverka A. Study of metal flow through ceramic foam filters / Archives of Foundry. 2003. Vol. 3. №10.
3. Аммер В.А., Калинин Р.Б. Применение пенокерамических фильтров в литниковой системе при ЛВМ // Вестник ВГТУ. 2014. №3-1.
4. Технология изготовления керамических фильтров с регулярной структурой / Полин Д.С., Богомягов А.В., Шаров К.В., Пустовалов Д.О., Дроздов А.А. // Электрофизические методы обработки в современной промышленности. Специальный выпуск: Аддитивные технологии: материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Пермь, 11-12 декабря 2019 г. Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020. 271с.
5. Determining the stress in refractory filters used in casting / Bogomyagkov A.V., Pustovalov D.O., Sharov K.V., Drozdov A.A., Kryukov A.A. // Russian Engineering Research. 2019. Vol. 39. № 10.

#### Сведения об авторах

**Уфимская Василиса Алексеевна** – студент гр. КПЛП-23-26, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

**Пустовалов Дмитрий Олегович** – начальник отдела «Учебный офис» Передовой инженерной школы «Высшая школа авиационного двигателестроения», ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь. E-mail: [pustovalov.dmitrii@inbox.ru](mailto:pustovalov.dmitrii@inbox.ru). ORCID: 0000-0003-1700-9856,

УДК 669.531

## ВЫЯВЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА УГЛЕРОДА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЦИНКА ИЗ ШЛАМОВ ККЦ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Магасумов Г.З., Сысоев В.И., Сибгатуллин С.К., Харченко А.С., Бигеев В.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Термодинамическим моделированием в программном комплексе HSC Chemistry оценили минимальную потребность в углероде на проведение процесса восстановительного обжига шламов ККЦ при температуре 1000°C. Для восстановления всего цинка в газовую фазу требуется не менее 10% (мас.) углерода (11,6% (мас.) коксовой пыли). Восстановление всего цинка из цинкита при температуре 1000°C заканчивается только после завершения восстановления всего железа из его оксидов. Физическим моделированием целесообразно оценить продолжительность восстановительного обжига шламов ККЦ при избытке углерода для получения продукта обесцинкования, удовлетворяющего требованиям современного агломерационного и доменного производства.

**Ключевые слова:** шламы, техногенные отходы, восстановительный обжиг, оксид цинка, железо, цинк, углерод, окатыши, брикеты, коксовая пыль

Шламы кислородно-конвертерного цеха являются отходами в процессах производства стали. Однако из-за высокого содержания железа шламы представляют металлургическую ценность, что особенно заметно на фоне истощения запасов богатого железорудного сырья. Вовлечение такого вида железосодержащих отходов в аглодоменный передел без предварительной переработки невозможно из-за высокого содержания в них соединенный цинка, в основном представленных в виде минералов, содержащих его оксид. В доменной печи цинк образует настывы на футеровке шахты, колошниковой защите и в газоотводах, искажая профиль пространства, в результате чего нарушается распределение газового потока, повышается взаимное сопротивление потоков шихты и газа, нарушается протекание восстановительно-тепловых процессов, что сопровождается уменьшением производительности печи и ростом удельного расхода кокса [1-3]. Образующиеся ограничения вынуждают искать мероприятия, компенсирующие отрицательное действие цинковых настывов на ход процесса совершенствованием режимов загрузки [3-5].

В связи с этим при возвращении шламов ККЦ в металлургическое производство для их утилизации актуально обеспечить предварительное обесцинкование продукта, которое можно решать за счет использования пиро- и гидрометаллургических методов [6-8]. Недостатками перевода цинка

в раствор с последующим его осаждением химическим или электрохимическими методами является многоступенчатость, необходимость стадий обезвоживания и регенерации отработанных растворов. Применение пирометаллургического метода позволяет восстанавливать соединения цинка углеродом твердого топлива при нагреве выше температуры испарения цинка (906 °С) с дальнейшим его окислением в возгонах и улавливанием в рукавных фильтрах [7, 8].

Целью работы является выявление термодинамическим моделированием минимальной потребности в углероде для восстановительного обжига шламов ККЦ.

Химический состав проб шлама ККЦ и коксовой пыли, взятых для проведения исследования, представлен в табл. 1.

В программном комплексе HSC Chemistry проведены термодинамические расчеты по выявлению минимального содержания углерода в шихте для восстановления всего цинка в газовую фазу при температуре 1000 °С. Для расчетов из моделируемой системы исключили все оксиды, не восстанавливаемые и трудновосстанавливаемые при температуре 1000 °С ( $Al_2O_3$ , CaO, MgO,  $SiO_2$ , MnO и пр.), оставив железо-, цинк- и углеродсодержащие оксиды, а также восстановленные формы железа, цинка и углерода. Газовая фаза включала оксиды углерода (II) и (IV). Полученные результаты термодинамического моделирования представлены на рис. 1.

Таблица 1

Химический состав пробы шлама ККЦ и коксовой пыли

Материал	Содержание, %									
	Fe <sub>общ</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	ZnO	MnO	WO <sub>3</sub>	PbO	ИМПШ*
Шлам ККЦ	53,0	1,53	0,44	9,00	0,40	4,21	1,04	0,21	0,15	4,48
Коксовая ПЫЛЬ	0,88	6,87	3,07	0,84	1,21	-	-	-	-	86,4

\* Потери массы при прокаливании.

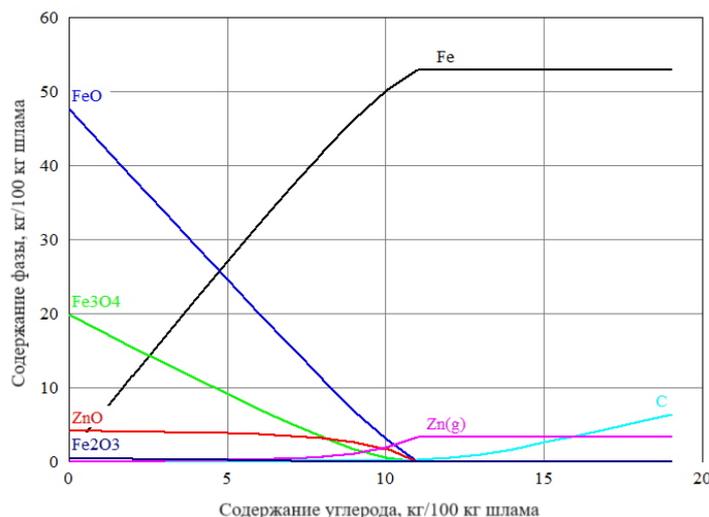


Рис. 1. Соотношение между конденсированными фазами равновесной системы, включающей в исходном состоянии оксиды железа и цинка (модельный шлам), в зависимости от количества добавляемого восстановителя при температуре 1000°С

Согласно полученным результатам, при расходе углерода 1 кг/100 кг шлама заканчивается восстановление всего магнетита шламов ККЦ до вюстита и начинается восстановление вюстита до металлического железа. При этом восстановление цинка из фазы цинкита с увеличением расхода углерода в системе происходит медленно до достижения содержания его около 10 кг/100 кг шлама, после чего рост равновесной степени восстановления цинкита ускоряется. В интервале содержания углерода от 10 до 11 кг/100 кг шлама происходит восстановление всего цинкита с образованием парообразного цинка. При дальнейшем росте содержания углерода сверх 11 кг/100 кг шлама восстановительные процессы прекращаются, и добавляемый избыток углерода перестает расходоваться, формируя накапливающую фазу графита. Таким образом, термодинамическая последовательность восстановительных процессов, представленная на рис. 1, дает оценку минимального количества углерода, необходимого для восстановления всего цинка из фазы цинкита, которое составило 11 кг/100 кг шлама (10,0% мас.) при температуре 1000°С.

Расход коксовой пыли в этом случае составит 12,8 кг/100 кг шлама. При этом термодинамически достигается полное восстановление железа из его оксидов.

**Заключение**

1. Термодинамическим моделированием в программном комплексе HSC Chemistry оценили минимальную потребность в углероде на проведение процесса восстановительного обжига шламов ККЦ при температуре 1000 °С. Для восстановления всего цинка в газовую фазу требуется не менее 10 % (мас.) углерода (11,6% (мас.) коксовой пыли).

2. Восстановление всего цинка из цинкита при температуре 1000 °С заканчивается только после завершения восстановления всего железа из его оксидов.

3. Физическим моделированием целесообразно оценить продолжительность восстановительного обжига шламов ККЦ при избытке углерода для получения продукта обесцинкования, удовлетворяющего требованиям современного агломерационного и доменного производства.

**Список литературы**

1. Поведение цинка в доменной печи : монография / Ю.П. Шукин, В.Л. Терентьев, К.Н. Вдовин и др.; [Науч. ред. : Сысоев Н.П.]. Магнитогорск : МГТУ им. Г.И. Носова, 1999. 84 с.
2. Зайцев А.К., Похвиснев Ю.В. Экология и ресурсосбережение в черной металлургии // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 3. С. 52–58.
3. Влияние загруженности пристеночной зоны доменных печей железорудным сырьем на тепловые нагрузки системы охлаждения / Харченко А.С., Харченко Е.О., Сидоров М.В., Сибатуллин М.И., Миникаев С.Р., Семенюк М.А. // Теория и технология металлургического производства. 2015. № 2 (17). С. 15-18.
4. Харченко А.С. Закономерности поступления компонентов шихты по крупности из бункера БЗУ в колошниковое пространство печи в зависимости от условий загрузки // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т. 16. № 3. С. 46-56.
5. Зависимость равномерности поступления агломерата и окатышей в колошниковое пространство печи от последовательности размещения их в бункере БЗУ / Сибатуллин С.К., Теплых Е.О., Харченко А.С., Махмутов Р.Ф., Семенюк М.А., Бегинюк В.А. // Теория и технология металлургического производства. 2012. № 12. С. 16-21.
6. Металлизация доменных шламов с удалением цинка / Б.А. Никифоров, В.А. Бигеев, С.К. Сибатуллин [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 3(11). С. 23-25.
7. Утилизация железосодержащих металлургических отходов / В.А. Бигеев, Н.В. Панишев, А.М. Столяров [и др.]. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. 113 с.
8. Бигеев В.А., Черняев А.А., Пантелеев А.В. Исследование двухстадийного способа переработки пылей и шламов с помощью математических моделей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. №3(47). С. 48-52.

**Сведения об авторе**

**Харченко Александр Сергеевич** – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: as.mgtu@mail.ru.

**Сибатуллин Салават Камилович** – доктор технических наук, профессор кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: 10tks@mail.ru.

**Бигеев Вахит Абдрашитович** – доктор технических наук, профессор кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: v.bigeev11@yandex.ru.

**Магасумов Газиз Загирович** – аспирант кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: gmagasumov@gmail.com.

**Сысоев Виктор Иванович** – кандидат технических наук, заведующий лабораториями кафедры металлургии и химических технологий института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: viktor.sysoev.86@yandex.ru.

УДК 004.021

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ WI-FI-СЕТЕЙ БПЛА

Неклюдов Д.Н., Лебедь А.С., Кузьмина У.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Статья рассматривает важность обнаружения и идентификации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) через Wi-Fi-сети в контексте обеспечения кибербезопасности. Представлены разработанные методы анализа сетевых параметров для определения вероятности принадлежности сети к БПЛА. Описан разработанный алгоритм и его тестирование с использованием программно-аппаратного комплекса.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, кибербезопасность, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), дроны, беспроводные сети, вероятностный анализ, анализ обмена кадров, алгоритм обнаружения

Обнаружение Wi-Fi-сетей беспилотных летательных аппаратов представляет собой важную задачу в области кибербезопасности и противодействия незаконным действиям. Согласно Федеральному закону от 25.12.2023 № 666-ФЗ «О внесении изменений в статью 12 Закона Российской Федерации «О частной детективной и охранной деятельности в Российской Федерации», в целях обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса, которым присвоена категория опасности, работников и (или) лиц, находящихся на этих объектах, подразделения или организации вправе пресекать функционирование беспилотных комплексов. В рамках данных мероприятий по перехвату БПЛА используются радикальные методы радиоглушения НСД сигналов. Проблематика методов заключается в том, что глушение БПЛА, управляемых при помощи Wi-Fi, негативно отразится на корпоративной сети организации. Исходя из этого, возникает требование гарантированной идентификации Wi-Fi сети БПЛА для точечного воздействия на нее.

В качестве одного из способов идентификации возможно применить анализ обмена кадров при общении БПЛА с пультом управления. Для автоматизации данного процесса используются различные анализаторы (снифферы). Такие средства предоставляют большое количество информации, о сети, которое может быть задействовано в детектировании БПЛА. Исходя из этой информации в ходе работы были составлены некоторые параметры, по которым можно рассчитать вероятность принадлежности беспроводной сети к БПЛА. Методы расчета вероятности подразделяются на:

- Обнаружение по ключевым словам в беспроводной сети Wi-Fi:

поиск специфических ключевых слов или названий, которые часто используются в сетях, которые имеют отношение к БПЛА. Так, например, в SSID (имя сети) могут содержаться слова, которые имеют отношение к производителям БПЛА (например, DJI, Phantom и т.д.).

- Определение принадлежности физического адреса (MAC-адреса) сети к одному из производителей БПЛА:

данная проверка направлена на то, чтобы определить, является ли OUI (Organizationally Unique Identifier), первая часть MAC-адреса, зарегистрированным за производителем БПЛА.

- Определение принадлежности физического адреса (MAC-адреса) устройства, подключенного к этой сети (предполагаемый оператор):

на основе предыдущего пункта проводится аналогичная проверка MAC-адреса устройств, которые подключены к сети, на соответствие производителям устройств, предназначенных для управления БПЛА.

- Определение количества устройств в сети: сети, используемые для БПЛА, как правило, имеют ограниченное количество подключенных устройств. В основном, это один или два устройства (сам БПЛА и пульт управления).

- Определение силы сигнала между комплексом и БПЛА:

использование RSSI (Received Signal Strength Indicator) для оценки расстояния и характеристик передатчика.

- Определение силы сигнала между сетью и предполагаемым оператором:

уровень сигнала между оператором и сетью может указывать на их относительное расположение.

- Определение скорости источника по изменению силы сигнала:

анализ изменений уровня сигнала во времени для определения скорости и направления движения источника сигнала.

- Классификация каждой анализируемой сети.

На начальном этапе каждая обнаруженная сеть анализируется в режиме реального времени. Анализ включает проверку всех пакетов и сбор информации по вышеописанным методам. Со временем, если сеть не идентифицируется как сеть БПЛА, частота проверок может снижаться, а уровень доверия в её классификацию как не принадлежащую БПЛА – увеличиваться. Это помогает оптимизировать ресурсы мониторинга и сократить ложные срабатывания.

Также были разработаны базы данных конкретных параметров, которым были присвоены числовые значения, каждое из которых отражает приоритет параметра в расчете вероятности. Была выведена функция, при помощи которой можно вычислить вероятность того, что представленная беспроводная сеть является квадрокоптером.

$$P = \frac{\sum (\omega_j \cdot \frac{x_i}{m_j})}{\sum \omega_j} \cdot 100\% ,$$

где  $P$  – искомая вероятность, %;

$\omega_j$  – вес параметров (каждому параметру присваивается вес, отражающий его значимость в процессе идентификации сети как сети БПЛА);

$x_i$  – текущее значение параметра (значение текущего измеренного параметра, которое используется в вычислении);

$m_j$  – максимальное значение параметра (максимальное возможное значение для каждого параметра, которое нормализует текущее значение).

Данное вычисление должно выполняться в режиме реального времени для каждой сети отдельно. После вычисления выполняется сравнение с пороговым значением, исходя из которого алгоритм делает вывод, является ли сеть квадрокоптером.

По результату работы функции, в случае если сеть набирает свыше 75%, тем самым пересекая линию порога, комплекс считает, что данная сеть однозначно принадлежит БПЛА.

Результатом разработки данного алгоритма являлось его тестирование при помощи программно-аппаратного комплекса по перехвату БПЛА, в ходе которого удалось успешно детектировать и деаутифицировать несколько Wi-Fi-сетей БПЛА среди множества корпоративных точек доступа.

Работа над алгоритмом и программно-аппаратным комплексом все еще ведется. Требуется калибровка параметров методов обнаружения, увеличение баз данных вендоров и ключевых слов в возможном названии сетей, а также сбор и анализ данных и обнаружение иных аномалий в сетях БПЛА. Планируется оптимизация функции.

#### Список литературы

1. Пахомов С. Анатомия беспроводных сетей // КомпьютерПресс. 2018. №1. С. 155-158.
2. Баранов О. Построение отказоустойчивых систем управления квадрокоптером // Материалы и технологии: учеб. пособие. 2-е изд. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2018. 408 с.

#### Сведения об авторах

**Неклюдов Данил Николаевич** – студент 4 курса кафедры информатики и информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. SPIN-код: 3245-7492. E-mail: dejeksdan@gmail.com

**Лебедь Александр Сергеевич** — студент 4 курса кафедры информатики и информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. SPIN-код: 6406-3798. E-mail: mail23032019@mail.ru

**Кузьмина Ульяна Владимировна** — кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и информационной безопасности, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ylianapost@gmail.com

УДК 519.876.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА НАГРЕВА ДУТЯ ДОМЕННОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Андреев С.М., Прасолов А.С.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** В работе рассматривается возможность прогнозирования продолжительности циклов работы доменного воздухонагревателя. Для этого предлагается использовать модель доменного воздухонагревателя на основе численной модели теплопередачи, а также модель газосмесительного клапана горячего и холодного дутья. Определение продолжительности циклов нагрева и дутья позволит стабилизировать температуру горячего дутья, подаваемого в доменную печь на максимально возможном значении для конкретного блока воздухонагревателей. Стабилизация температуры на максимальном значении позволит стабилизировать химические процессы в доменной печи, а также экономить кокс на доменную плавку.

**Ключевые слова:** доменный воздухонагреватель, горячее дутье, смешивание газов, имитационная модель

### Введение

Энтальпия горячего дутья играет ключевую роль в тепловом балансе доменной плавки. Увеличение температуры горячего дутья на 5 °С может привести к снижению расхода кокса на 1-2%, что является значительной экономией. Стабильность температуры горячего дутья критична для обеспечения равномерного и высокопроизводительного процесса плавки. Это также способствует уменьшению колебаний температуры в горне и стабилизации химического состава и температуры чугуна, что важно для качества выплавляемого металла. [1]. Для стабилизации температуры используется смесительный клапан, управляемый ПИ-регулятором.

Длительность дутьевого периода задается режимной картой и в основном зависит от количества рабочих воздухонагревателей (ВН) в блоке. Однако на продолжительность этого периода влияет множество факторов, таких как температура холодного дутья, теплотехническое состояние всех ВН в блоке, графики выпусков доменных плавок. Эти факторы невозможно предугадать при составлении режимной карты. При этом может возникнуть ситуация, когда тепловой энергии ВН не хватает на поддержание стабильной температуры горячего дутья или когда накопленная тепловая энергия используется неэффективно вследствие заниженной температуры горячего дутья.

### Используемые методы и решения стабилизации дутья

В работе [2] рассматриваются системы стабилизации горячего дутья, использующие ПИД- или ПИ-регуляторы, действительно являются распространенным решением. Однако, как верно отмечено, они могут быть чувствительны к изменениям параметров объекта управления и иметь ограничения по коэффициенту усиления. Это приводит к статическому или динамическому падению скорости реакции системы.

В статье [3] используемые методы подстройки коэффициентов ПИД-регулятора с использованием нечеткой логики могут улучшить адаптивность системы, но они не всегда учитывают внезапные изменения, такие как смена воздухонагревателя, что может привести к нестабильности.

Использование нейронных сетей для прогнозирования температуры [4] может значительно улучшить динамические характеристики системы, но этот подход требует обширного набора данных для обучения и может не учитывать все влияющие факторы.

Нечеткое управление с упрощенными математическими моделями [5] может быть эффективным в условиях неполной информации, так как оно позволяет системе быть более гибкой и адаптивной к изменениям.

В целом выбор метода стабилизации должен учитывать специфику процесса, доступность данных для обучения моделей и требования к быстродействию системы. Возможно, комбинирование

различных подходов может дать наилучший результат, обеспечивая как адаптивность, так и точность управления.

### Модель насадки воздухонагревателя

Насадка состоит из сложенных вместе шестиугольных кирпичей с круглыми отверстиями для циркуляции теплоносителя. Во время газовой фазы дымовые газы, двигаясь сверху вниз через каналы насадки, отдают тепло огнеупорным материалам. Во время воздушной фазы прохладный воздух проходит через каналы снизу вверх, нагревается и подается в доменную печь, при этом насадка остывает. В моделировании насадка имитируется толстостенными цилиндрами (рис. 1). Тепловые характеристики стенок цилиндров соответствуют характеристикам материалов, используемых в огнеупорах данного типа воздухонагревателя, и изменяются в зависимости от высоты (выше дианас, ниже шамот).

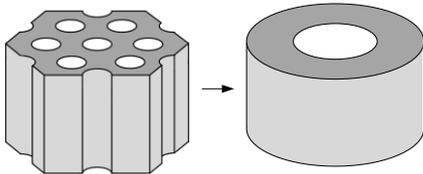


Рис. 1. Иллюстрация слоя насадки воздухонагревателя, замененного на теплотехнический эквивалентный элемент в виде толстостенного цилиндра

Цилиндры уложены друг на друга, образуя структуру, похожую на трубу, разделенную на  $n$  секций равной длины  $h$ . Тепло, переданное или поглощенное теплоносителем от цилиндра, вычитается или добавляется к энтальпии предыдущего сегмента трубы.

Температурный режим теплоносителя, циркулирующего внутри цилиндра на начальном уровне по высоте, определяется исходя из данных, полученных с датчиков, измеряющих температуру купола во время газовой фазы и температуру холодного воздуха во время воздушной фазы.

Количественное значение теплоты, которое теплоноситель передает, рассчитывается в соответствии с законом охлаждения Ньютона-Рихмана:

$$Q = \alpha(T_f - T_w)F, \quad (1)$$

где  $T_f$  – температура теплоносителя;  
 $T_w$  – температура стенки;  
 $F$  – площадь поверхности теплообмена;  
 $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи.

В период нагрева насадки коэффициент теплоотдачи рассчитывается как сумма конвективного  $\alpha_c$  и лучистого  $\alpha_r$  теплообмена:

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_r. \quad (2)$$

Во время дутьевого периода, когда лучистый теплообмен незначителен, основное внимание уделяется конвективному теплообмену.

Конвективный теплообмен рассчитан с помощью следующего уравнения:

$$\alpha_c = (1,123 + 0,283U \cdot d^{-0,4})T_f^{0,25}, \quad (3)$$

где  $U$  – скорость теплоносителя;

$d$  – диаметр канала.

Коэффициент лучистой теплоотдачи от газа к твердой стенке рассчитывают по формуле

$$\alpha_r = \frac{\sigma(T_f^4 - T_w^4)F}{\left(\frac{1}{\varepsilon_f} - \frac{1}{\varepsilon_w} - 1\right)(T_f - T_w)}, \quad (4)$$

где  $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана;

$\varepsilon_f$  – степень черноты дымовых газов;

$\varepsilon_w$  – степень черноты материала насадки.

Изменение температуры теплоносителя по высоте для  $i$ -го участка рассчитывается как

$$T_{f(i)} = T_{f(i-1)} - \frac{Q}{c_f W} \Delta \tau, \quad (5)$$

где  $c_f$  – теплоемкость теплоносителя;

$W$  – массовый расход;

$\Delta \tau$  – шаг по времени;

$T_{f(i-1)}$  – температура теплоносителя в предыдущем участке.

После вычисления количества теплоты, переданного теплоносителем к стенке, вычисляется температура материала насадки в следующий момент времени:

$$T_{wi}^{\tau+1} = \frac{Q \Delta \tau}{m_w c_w} + T_{wi}^{\tau}, \quad (6)$$

где  $c_w$  – теплоемкость материала стенки;

$m_w$  – масса стенки.

Для приведения модели к показаниям реального ВН производится поиск нужных значений внешнего, внутреннего диаметров, степени черноты материала насадки, а также скорости течения теплоносителя, при этом изменяются параметры расхода теплоносителя, массы стенки коэффициента теплопередачи [6].

**Модель газосмесительного клапана**

Температуру смешанного дутья выразим через уравнение температуры смеси идеальных газов (2):

$$T_{см} = \frac{G_1 c_1 T_1 + G_2 c_2 T_2 + \dots + G_n c_n T_n}{G_1 c_1 + G_2 c_2 + \dots + G_n c_n} = \frac{\sum_1^n G_i c_i T_i}{\sum_1^n G_i c_i}, \quad (7)$$

где  $G$  – массовый расход;  
 $c$  – теплоемкость идеального газа;  
 $T$  – температура идеального газа [7].

Так как в вычислениях используется воздух, то теплоемкостью можно пренебречь.

При проведении расчетов, учитывая, что в качестве рабочего тела используется воздух, можно не принимать во внимание его теплоемкость. Для подачи горячего и холодного дутья применяются трубы с одинаковым диаметром  $D = 1400$  мм, в то время как для смешанного дутья используется труба с диаметром  $D = 2000$  мм. Все виды дутья подаются с помощью одного воздуходувного агрегата. Регулировка расхода холодного дутья в процессе эксплуатации осуществляется за счет незначительного изменения положения клапана – в пределах от 0 до 20% от его максимального открытия, что позволяет считать изменение расхода линейным.

Если принять общий расход воздуха от воздуходувной машины за единицу, то расходы горячего и холодного дутья могут быть выражены следующим образом:

$$G_{г.д.} = 1 - x; \quad G_{х.д.} = x, \quad (8)$$

где  $x$  – доля расхода горячего дутья от общего расхода.

Это предположение упрощает модель и позволяет легче регулировать процесс подачи дутья.

В итоге имеем следующее выражение, определяющее температуру смешанного дутья:

$$T_{см}(\tau) = (1 - x_i) T_i(\tau) + x_i T_{х.д.}. \quad (9)$$

Исполнительный механизм – это двигатель постоянного тока, изменяющий свое положение вала. Он описывается в виде формулы

$$Y_i = Y_{i-1} + \sigma K_{ИМ}, \quad (10)$$

где  $Y_i$  – текущее значение вала исполнительного механизма;

$Y_{i-1}$  – значение вала исполнительного механизма в предыдущий момент времени (с учетом шага дискретизации);

$K_{ИМ}$  – скорость исполнительного механизма, вых. Зн./% х.

Текущее значение температуры поступает элемент сравнения, где формируется сигнал рассогласования:

$$\varepsilon = Z_{зад} - Z_{тек}, \quad (11)$$

где  $Z_{тек}$  – текущее значение;

$Z_{зад}$  – заданное.

Математическая модель ПИ-регулятора с ограничениями интегральной части, обеспечивающая устойчивость переходных процессов, может быть представлена следующим образом:

$$u(\tau) = K_p \left( \varepsilon + \frac{1}{T_{из}} F \right), \quad (12)$$

$$F = \int_0^{\tau} \varepsilon d\tau, \quad (13)$$

$$F = \begin{cases} I_{MIN}, & I \leq I_{MIN} \\ I, & I_{MIN} \leq I \leq I_{MAX} \\ I_{MAX}, & I \geq I_{MAX} \end{cases}, \quad (14)$$

где  $K_p$  – коэффициент пропорциональной части;

$T_{из}$  – время интегрирования;

$I$  – величина выхода интегрирующего звена;

$I_{MAX}$  и  $I_{MIN}$  – ограничения выхода интегрирующего звена [8].

В результате работы модели получены переходные процессы, с помощью которых можно определить продолжительность циклов работы доменного ВН в заданных условиях (рис. 2).

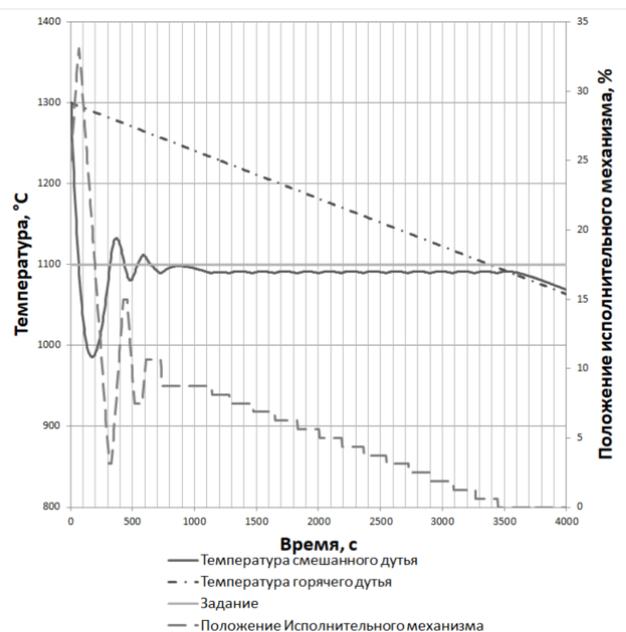


Рис. 2. Результаты работы модели

### Заключение

В данном исследовании предлагается разработать систему автоматического определения времени цикла нагрева дутья в зависимости от текущего теплового состояния блока ВН и графика выпуска плавок доменной печи. Система состоит из имитационной модели насадки ВН для определения температуры горячего дутья до смесителя при текущем состоянии блока ВН и модель смесителя, имитирующая непосредственно клапан, исполнительный механизм и ПИ-регулятор. Использование данной системы позволяет определить продолжительность цикла нагрева при заданной температуре горячего дутья и с помощью неё планировать смену циклов блока ВН, что позволит стабилизировать температуру горячего дутья на максимально возможном значении для всего блока.

### Список литературы

1. Прасолов А.С., Назаров И.С. Моделирование контура стабилизации температуры горячего дутья с использованием нечеткой логики // Автоматизированные технологии и производства. 2020. № 1(21). С. 13-18.
2. Tang, Yao Liu, Xiang. Application of Fuzzy Predictive Control in Grain Drying Coal Burning Hot Air Furnace Temperature Control System // Applied Mechanics and Materials. 2014. 530-531. 981-984.
3. Tang, Yao & Liu, Xiang. . Hot Blast Stove Temperature Control System Based on Neural Network Predictive Control // Applied Mechanics and Materials. 2014. 709. 281-284. 10.4028
4. Полько П.Г., Логунова О.С., Рябчикова Е.С. Алгоритм нечеткого управления для синтеза цифровых контуров автоматической стабилизации технологических параметров // Автоматизация в промышленности. 2010. №11. С. 32-37.
5. Крупник А.А. Автоматизация процесса управления выработкой холодного дутья в доменном производстве: автореф. ... дис. канд. / ДГТУ. Днепро-дзержинск, 2015. С. 20-22.
6. Интеллектуальная система автоматической коррекции длительности периодов для воздухонагревателей доменной печи с учетом их реального состояния / С.М. Андреев, А.С. Прасолов, И.С. Бондарев, Н.В. Швидченко // Электротехнические системы и комплексы. 2023. № 1(58). С. 57-66. DOI: 10.18503/2311-8318-2023-1(58)-57-66
7. Никеров В.А. Физика для вузов. Механика и молекулярная физика. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2011. С. 15.
8. Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Логунова О.С. Локальные стабилизирующие контуры автоматического управления в АСУ ТП: монография. Магнитогорск: КТ «Буки Веди», 2012. 06 с

### Сведения об авторах

**Андреев Сергей Михайлович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры АСУ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: asm@magtu.ru

**Прасолов Александр Сергеевич** – аспирант кафедры АСУ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: aspr.88@yandex.ru

УДК 62-52

## ИНТЕГРАЦИЯ MATLAB SIMULINK И ROS (ROBOT OPERATING SYSTEM) ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И СИМУЛЯЦИИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Омельченко Е.Я., Лымарь А.Б., Чичугин Т.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Интеграция MATLAB Simulink и ROS обеспечивает реализацию, исследования и развёртывания автоматизированных подсистем. В этой статье обсуждается, каким образом интегрировать эти две платформы, а также анализируется результат моделирования. Также представлены примеры применения в различных областях робототехники, таких как автономные транспортные средства и промышленные роботы.

**Ключевые слова:** ROS, Robot Operating System, интеграция MATLAB Simulink с ROS, моделирование роботизированных систем, ROS Toolbox

### Введение

В настоящее время робототехника требует уникальные инструменты для моделирования и управления сложными мехатронными системами. MATLAB Simulink и ROS (операционная система для роботов) – одни из известных платформ, используемые для этих целей. MATLAB Simulink обеспечивает инструментами для моделирования, анализа и отсутствия взаимодействия, при этом ROS поддерживает обмен данными в режиме реального времени между всевозможными элементами. Интеграция этих платформ позволяет разработчикам создавать более эффективные и надежные роботизированные решения, используя лучшие функции мехатронных систем.

Для интеграции MATLAB Simulink с ROS [1] применяются различные методы, в том числе использование набора инструментов ROS Toolbox, формирования пользовательских сообщений в ROS и создание имитационных моделей для совместной работы. Основополагающими шагами являются:

1. Установка библиотеки ROS Toolbox в MATLAB. С помощью этой библиотеки MATLAB может напрямую устанавливать связь с ROS, публиковать и подписываться на сообщения.

2. Создание модели в Simulink. Разработка модели системы управления или симуляции динамики робота.

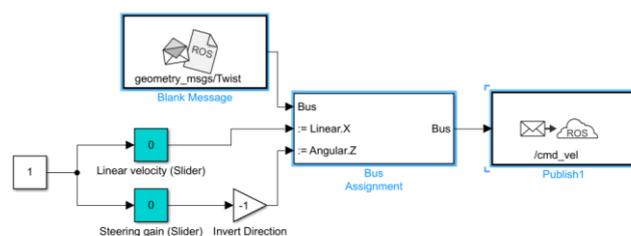
3. Настройка ROS-сообщений. Определение типов сообщений и топиков, необходимых для обмена данными между Simulink и ROS.

4. Запуск совместной симуляции. Использование инструментов для запуска симуляций, где MATLAB Simulink и ROS работают совместно.

Интеграция и моделирование модели Simulink, использующие библиотеку ROS Toolbox, публикуют и подписываются на соответствующие темы ROS, чтобы обеспечить обмен информации с другими компонентами системы ROS. С помощью совместного моделирования представляется возможность использовать данные с датчиков и имитационные модели для исследования алгоритмов управления в реальном времени.

### Реализация

Чтобы продемонстрировать интеграцию, рассмотрим пример разработки системы управления мобильным роботом Turtlebro 3 (см. рисунок) [2].



Модель системы управления мобильным роботом Turtlebro 3

В данной модели команды управления отправляются с помощью блока «Blank Message», сообщением «geometry\_msgs/Twist» и публикует в топик «/cmd\_vel». В блоке «Linear velocity» задается линейная скорость, в блоке «Steering gain» задается угловая скорость. После выполнения моделирования и изменения значений в блоках «Linear velocity» и «Steering gain» мобильный робот Turtlebro будет двигаться согласно значениям в блоках [3].

Результаты моделирования показали, что интеграция MATLAB Simulink с ROS позволяет эф-

эффективно разрабатывать и тестировать сложные системы управления. В примере автономного транспортного средства Simulink используется для моделирования динамики и ROS, а также для выполнения управления в реальном времени для повышения точности и надежности системы, а также были выявлены различные проблемы, связанные с синхронизацией данных и управлением задержками в реальном времени [4].

### Вывод

Интеграция MATLAB Simulink с ROS является мощным инструментом для разработки и моделирования роботизированных систем. Благодаря этой интеграции вы можете использовать оба инструмента для обеспечения эффективного моделирования, моделирования и управления. Приложения в области автономных транспортных средств и промышленных роботов демонстрируют потенциал такой интеграции для решения сложных проблем. В будущем ожидается даль-

нейшее развитие и совершенствование методов интеграции, которые позволят нам создавать более сложные и эффективные роботизированные системы.

### Список литературы

1. Chen, Y., Wu, X., & Li, Z. (2017). Integration of MATLAB/Simulink and ROS for robotics system design // Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2017, 1004-1010.
2. Kurth, T., Urban, P., & Verl, A. (2019). Co-simulation of autonomous driving using MATLAB/Simulink and ROS // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2019, 45-50.
3. MathWorks. (2020). ROS Toolbox Documentation. Retrieved from MathWorks ROS Toolbox Documentation.
4. Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Wheeler, R., & Ng, A. Y. ROS: an open-source Robot Operating System // In ICRA workshop on open source software, 2009, Vol. 3, No. 3.2, p. 5.

### Сведения об авторах

**Омельченко Евгений Яковлевич** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры АЭПиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: momentum2@yandex.ru. ORCID: 0000-0002-0547-485X

**Лымарь Алексей Борисович** – старший преподаватель кафедры АЭПиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: lyumar.alexei@mail.ru. ORCID 0000-0003-2783-3662.

**Чичугин Тимофей Александрович** – студент-магистр кафедры АЭПиМ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: timofeychichugin2000@gmail.com.

УДК 532.13

**ПРИЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ КАК ЭЛЕМЕНТ ОБУЧЕНИЯ**

Гмызин А.В., Курзаева Л.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Развитие цифровых технологий открывает новые возможности для разработки средств обучения. Статья посвящена разработке обучающего приложения на основе технологии дополненной реальности. Приведена классификация видов технологии дополненной реальности по методам трекинга. Освящён процесс реализации AR-приложения «Двигатель внутреннего сгорания» с использованием облака точек, а именно: создание целевой модели отслеживаемого физического объекта с использованием настольной программы Model Target Generator и непосредственно разработка приложения на базе движка Unity. Данная статья может представлять интерес для преподавателей курса «Начертательная геометрия и компьютерная графика», а также разработчикам средств обучения.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, средства обучения, облако точек

На протяжении последних нескольких лет технологии дополненной реальности всё чаще используются в образовательном процессе, делая его более интересным и привлекательным [1]. Выбор в пользу представления информации с помощью AR-контента обусловлен наглядностью и простотой в освоении данного способа.

Распространённой практикой является знакомство с устройством сложного механизма путём создания его 3d-модели и рассмотрения каждой из его составляющей в отдельности. Подобным образом с помощью специальных программ можно изучить принцип работы некоторых механизмов, имеющих много составных деталей [3]. Однако это не всегда бывает удобным. Более наглядным является отображение 3d-модели поверх настоящего устройства. В этом случае с помощью AR-приложения можно изучить составляющие части и принцип работы механизма по реальному объекту. Под эти условия идеально подходит задача рассмотрения устройства двигателя внутреннего сгорания.

Двигатель внутреннего сгорания является одним из самых распространённых видов устройств. Изучение его внутренних частей и принципа преобразования им химической энергии топлива в механическую работу является неотъемлемой составляющей процесса подготовки такого специалиста, как инженер-конструктор. Ключевым, как и при рассмотрении большинства подобных механизмов, является вопрос удобного представления информации. Однако традиционные подходы (как, например, демонстрация макета устройства) являются уже достаточно устаревшими и могут не

подойти для выполнения данной задачи. Это связано с тем, что двигатель внутреннего сгорания содержит более восьми деталей, в то время как в краткосрочной памяти человека откладывается информация только о семи объектах. Для формирования же полного представления об устройстве механизма необходимо понимать, как в отдельности работает и за что отвечает каждая из его частей. В связи с этим в нашей задаче будет эффективнее использовать более современный способ представления информации – с помощью AR-приложения.

На сегодняшний день существуют различные виды дополненной реальности. Рассмотрим классификацию по типу отображения контента и после этого сможем определить, какую технологию использовать для нашей задачи.

В классификации дополненной реальности по способу отображения контента можно выделить четыре вида технологий: маркерную, безмаркерную, проекционную и на основе наложений [3]. Дадим краткое описание каждой из них, а также определим возможные преимущества и недостатки использования той или иной технологии для нашей задачи.

В маркерной технологии для обнаружения места расположения виртуального объекта нужны специальные изображения – QR-код, цветовая метка и пр. Их принято называть маркерами. Поверх них как раз и накладывается виртуальный объект [5]. Когда маркер успешно распознаётся и сопоставляется с данными, приложение отображает дополненный контент поверх специального изображения на экране устройства. Несомненным преимуществом такой технологии является то, что для её работы необходим только заранее заготов-

ленный маркер, по которому и будет происходить отслеживание. Однако в этом же заключается и главный минус: отображение контента зависит от расположения маркера. Если он будет находиться слишком далеко или недостаточно чётким, то изображение может просто не распознаться. Для нашей задачи важно, чтобы отображение 3d-модели не зависело от качества объекта, который используется для отслеживания, поэтому это является существенным недостатком.

В безмаркерной технологии на окружающую среду накладывается сетка и обнаруживаются ключевые точки, к которым привязывается виртуальная модель [3]. По ним программа выбирает, где расположить виртуальный объект с учётом его удалённости и особенностей среды. Для этого учитываются данные гироскопа, акселерометра и других датчиков мобильного устройства. Выгодно эту технологию отличает возможность разместить отображаемый контент практически на любой поверхности, что немаловажно для нашей задачи. Но также следует отметить, что в реализации она, как правило, сложнее, чем та же маркерная технология.

Работа проекционной технологии дополненной реальности заключается в отображении видимых глазу световых голограмм. Её применение, как и в случае с безмаркерной, позволяет отойти от использования бумажных инструкций, поскольку цифровой слой создаётся практически на любой поверхности. В пользу данной технологии можно сказать и то, что она позволяет создавать более реалистичные и интуитивно понятные взаимодействия между пользователем и виртуальными объектами [5]. Однако у неё есть и очень существенный для нас минус: технология заточена под специальные устройства, такие как прозрачные экраны или очки, а значит, использовать её на всех устройствах не получится.

В технологии дополненной реальности на основе наложений нейросеть обучается на базе обширных библиотек загруженных форм, видов, образов, изображений. По выведенным алгоритмам она распознаёт объекты и пространства, а затем накладывает на них цифровую картинку. Как правило, такая технология требует использования для своей работы онлайн-сервисов, что в нашем случае не очень удобно, поскольку нам важно, чтобы наше приложение не зависело от работы других ресурсов.

В результате анализа видов технологий дополненной реальности по способу отображения контента было принято решение остановиться на использовании наиболее подходящего для нас варианта – безмаркерной технологии. Существует несколько её разновидностей, в частности - тре-

кинг на основе облака точек. Её обычно используют для отслеживания реальных физических объектов (в статическом состоянии или находящихся в движении), что как раз соответствует нашей задаче.

В соответствии с выбранной разновидностью безмаркерной технологии дополненной реальности нам необходимо определиться со средством профессиональной разработки. Выбрать нам необходимо то, в котором есть облачный сервис распознавания (Cloud Recognition Service). Таковыми SDK являются Vuforia и Wikitude [2]. Остановим свой выбор на первом средстве разработки, поскольку для него есть пользовательская документация, которая может понадобится нам при работе над приложением.

В процессе разработки нам будет необходимо использовать настольную программу Model Target Generator. С её помощью мы сможем создать целевую модель нашего устройства, которое хотим отследить, и в дальнейшем использовать её для различных вариантов представления нашего объекта (в нашем случае – двигателя внутреннего сгорания). Вся остальная часть работы будет выполняться в среде разработки Unity.

Непосредственный процесс работы начнём с преобразования существующей 3d-модели двигателя внутреннего сгорания в целевую модель представления. Самым важным здесь является настройка видов направляющих объекта: того, в каком положении и с какой стороны он будет распознаваться. Как только убедимся в том, что сделали это необходимым нам образом, мы можем создать целевой объект модели. Для лучшего распознавания устройства создадим не одну, а сразу несколько таких моделей с разными видами направляющих и объединим их в единую расширенную базу данных, которую сразу поставим обучаться. В Model Target Generator мы можем настроить для неё облачный процесс глубокого обучения, который позволит нашему приложению автоматически переключаться между несколькими целевыми моделями, каждая из которых имеет один или несколько расширенных видов направляющих с диапазоном распознавания до 360 градусов во время выполнения программы [4].

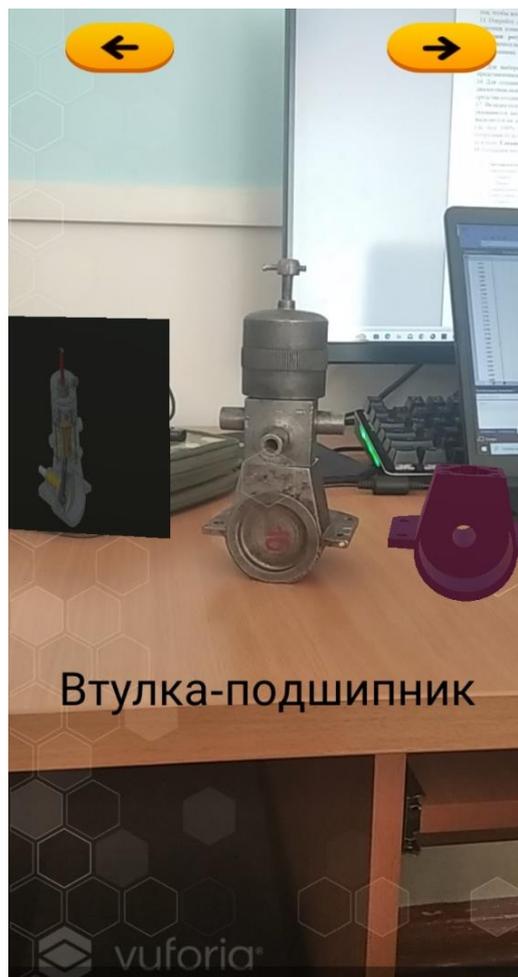
По окончании процесса обучения мы перенесём нашу уже натренированную модель в Unity. Используя инструментальный программы, разработаем функциональную и интерфейсную части приложения. В процессе разработки мы активно работаем над выполнением следующих задач:

- отображение целевой модели при распознавании устройства;
- свободное переключение между видами составляющих устройства в режиме обучения;

- генерация случайных вопросов по пройденному материалу в режиме тестирования;
- обработка и интерпретация ответов, получаемых от пользователя в режиме тестирования;
- ведение таймера обратного отсчёта при начале работы в режиме тестирования;
- переход между режимами работы приложения.

После завершения всех этапов работы нам необходимо провести сборку приложения под Android. В результате мы получаем готовое AR-приложение «Двигатель внутреннего сгорания» с трекингом на основе облака точек. Концепция его работы достаточно проста: как только отслеживается реальный физический объект, поверх него отображается целевая модель устройства. В процессе тренировки она научилась распознавать каждую из составляющих частей механизма в отдельности, что удобно использовать в обоих режимах работы приложения. Например, в режиме обучения можно переключаться между видами представления модели, и каждый раз в зависимо-

сти от состояния на экране устройства будет отображаться соответствующая деталь механизма и её название (см. рисунок). По нажатию одной из кнопок навигации состояние меняется и, соответственно, происходит переключение на другую деталь. В режиме тестирования принцип немного отличается: приложение само определяет текущее состояние, исходя из вопроса, который был сгенерирован, и уже на основании этого отображает нужную часть механизма. В качестве триггера для смены состояния здесь выступает даваемый пользователем ответ или срабатываемый таймер. В первом случае приложение отслеживает момент, когда выбирается один из доступных на текущий момент вариантов ответа, и вызывает функцию генерации нового вопроса. Она выполняется через заданное время, и сразу после этого происходит смена состояния. Во втором случае срабатывание таймера означает, что время на тестирование завершилось, и приложение автоматически приключается на конечное состояние, при котором вопросы генерироваться уже не могут.



Демонстрация работы AR- приложения

Разработанное AR-приложение полностью удовлетворяет условиям поставленной задачи и реализует свое назначение - формирование представления об устройстве и принципе работы двигателя внутреннего сгорания за достаточно небольшой промежуток времени. Считаем, что оно и аналогичные решения могут быть успешно использованы в курсе «Начертательная геометрия и компьютерная графика».

#### Список литературы

1. Гущина О.М., Очеповский А.В. Разработка AR-приложений: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2021. 57 с.
2. Жигалова О.П., Толстопятов А.В. Использование технологии дополненной реальности в образовательной сфере // Балтийский гуманитарный журнал. 2019. № 2. С. 43-46.
3. Попова А.С. Технология дополненной реальности // Научный аспект. 2021. Т. 6. № 1. С. 723-726.
4. Решетникова Е.С., Усатая Т.В., Курзаева Л.В. Разработка метода визуализации производственных объектов с применением технологий дополненной реальности // Программные системы и вычислительные методы. 2021. № 1. С. 10-21.
5. Самохвалова Е.А., Глотова М. Ю. Дополненная реальность в образовании // Школа будущего. 2021. № 1. С. 84-103.

#### Сведения об авторах

**Гмызин Андрей Вячеславович** – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: gmyzin03@mail.ru.

**Курзаева Любовь Викторовна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры БИиИТ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.



УДК 621.311

## ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Зайцев Я.А., Малафеев А.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Предприятия энергоемких отраслей промышленности, в частности металлургические, характеризуются значительной долей ответственных потребителей в составе нагрузки, нарушение электроснабжения которых приводит к расстройству технологического процесса, значительному ущербу и другим последствиям. С помощью программы «STATISTICA» были получены вероятностные оценки отказов для различных зон электроснабжения, видов оборудования, классов напряжения. Благодаря полученным данным можно спрогнозировать отказы электроснабжения.

**Ключевые слова:** система электроснабжения, отказ, показатели надежности, законы распределения, экономический ущерб

### Введение

Целью данного исследования является анализ аварийности системы электроснабжения крупного промышленного предприятия для разработки схемно-режимных мероприятий по снижению экономического ущерба от перерывов и ограниченный электроснабжения производственных цехов. Предполагается для этой цели выполнение следующих задач:

- 1) группировка статистических данных аварийных отказов по видам;
- 2) анализ динамики изменения параметров надежности во времени;
- 3) построение вероятностных характеристик и возможная подгонка распределения.

ПАО «ММК» представляет интерес тем, что в схеме электроснабжения участвует оборудование разных годов установки. Для силовых трансформаторов диапазон годов установок находится в пределах от 1935 по 2014 гг. Годы прокладки кабельных линий от 1932 по 2013 гг. Также суммарные расстояния воздушных линий: для 10 кВ – 10,2 км, для 35 кВ – 122,7 км, для 110 кВ – 236,3 км, для 220 кВ – 3,6 км. Следует также отметить наличие разных классов напряжений и нескольких ступеней трансформации. Присутствует большое число потребителей 1 и 2 категории, нарушение электроснабжения которых приведет к значительному ущербу.

### Показатели надежности

Для оценки надежности системы электроснабжения необходимо выполнить расчет показателей надежности [1-5]:

- 1) среднее время восстановления – среднее время устранения одного отказа:

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^r \tau_i}{r}; \quad (1)$$

- 2) параметр потока отказов определяется как плотность вероятности возникновения отказов восстанавливаемой системы элемента, определяемый для конкретно заданного времени  $t$  :

$$w(t) = \frac{n(t)}{N_0 \cdot \Delta t}; \quad (2)$$

- 3) коэффициент готовности характеризует вероятность того, что система будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени:

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B}; \quad (3)$$

- 4) среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}; \quad (4)$$

- 5) коэффициент вариации:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100. \quad (5)$$

- 6) математическое ожидание числа отказов:

$$M(X) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i. \quad (6)$$

### Анализ статистических данных

Были получены статистические данные аварийных нарушений системы электроснабжения ПАО «ММК» с 2008 по 2020 гг. На рис. 1 представлен фрагмент этих данных.

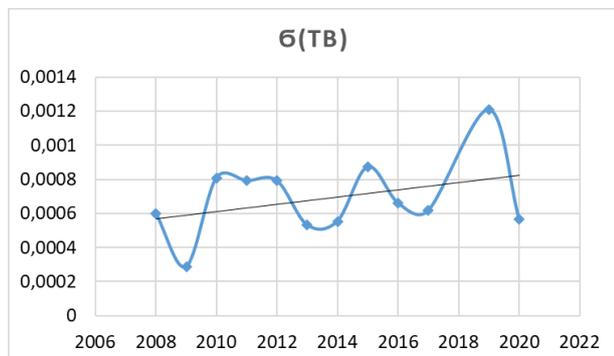


Рис. 1. Динамика изменения  $B(T_B)$  во времени

В настоящей работе принято решение данную статистику разделить по следующим признакам:

- 1) уровень напряжения (3 – 220 кВ);
- 2) вид оборудования;
- 3) схемно-территориальные участки.

Анализ отказов по уровню напряжения 3 кВ для 2019 г.

В табл. 2 сведены результаты расчётов показателей надёжности.

С помощью программы «Excel» для показателей надёжности: среднее время восстановления и параметр потока отказов – нашли математическое ожидание (6), среднеквадратическое отклонение (4), коэффициент вариации (5). Результаты сведены в табл. 3.

Динамика изменений во времени  $T_B$  представлены на рис. 2, 3 и  $w(t)$  на рис. 4–6 для уровня напряжения 3 кВ.

Таблица 1

### Исходные данные

№ п/п	Дата	Время аварии или выключения		№ ПС	Наименование фидеров, оставленных без напряжения	Наименование объектов отключения	Напряжение кВ
		начало	конец				
1	01.01.2008	21:26	21:56	63	ф. 63-18	РУ-11, Аглоцех	6
2	03.01.2008	12:55	16:05	65	ф. 65-25	ЦПАШ	6
3	03.01.2008	13:12	16:50	35	ф. 35-50	фаб-ки 2, 3, 4, Аглоцех	3
4	07.01.2008	14:10	14:30	91	ф. 91-07	Зап. карьер, Рудник	6
5	08.01.2008	11:07		90	ф. 90-07	Сиб.-1, Башэнерго	110
6	08.01.2008	11:07		90	ф. 90-07	Сиб.-1, Башэнерго	110
7	09.01.2008	15:52	16:03	30	ф30-20	Печь-ковш, ККЦ	110
8	11.01.2008	15:05	19:30	62	ф. 62-21	ЦТО	10
9	11.01.2008	7:02	12:00	54	ф. 54-78	котл. утил., ПСЦ	10
10	12.01.2008	20:05	21:25	91	ф. 91-06, 10, 16	Рудник	6

Таблица 2

Результаты расчетов показателей надёжности для уровня напряжения 3 кВ в 2019 г.

Дата	$T_B$ , месяц	$Q(t)$	$P(t)$	$T_H$	$K_\Gamma$	$w(t)$
01.01.2019	0,00121	0,02381	0,97619	0,99879	0,99879	3,30688E-05
01.02.2019	0,005211	0,014652	0,985348	0,994789	0,994789	2,035E-05
01.03.2019	0,001357	0,038462	0,961538	0,998643	0,998643	5,34188E-05
01.04.2019	0,002792	0,075092	0,924908	0,997208	0,997208	0,000104294
01.05.2019	0,001407	0,058608	0,941392	0,998593	0,998593	8,14001E-05
01.06.2019	0,001334	0,06044	0,93956	0,998666	0,998666	8,39438E-05
01.07.2019	0,00175	0,07326	0,92674	0,99825	0,99825	0,00010175
01.08.2019	0,001716	0,049451	0,950549	0,998284	0,998284	6,86813E-05
01.09.2019	0,00131	0,049451	0,950549	0,99869	0,99869	6,86813E-05
01.10.2019	0,001081	0,029304	0,970696	0,998919	0,998919	4,07E-05
01.11.2019	0,003251	0,029304	0,970696	0,996749	0,996749	4,07E-05
01.12.2019	0,000662	0,02381	0,97619	0,999338	0,999338	3,30688E-05

Таблица 3

Результаты расчетов показателей надежности для уровня напряжения 3 кВ с 2008 по 2020 гг.

Дата	$T_B$			$w(t)$		
	$\sigma$	$M(X)$	$\nu$	$\sigma$	$M(X)$	$\nu$
2008	0,0006	0,0013	0,4661	2,58E-05	6,20E-05	4,16E-01
2009	0,0003	0,0008	0,3664	2,03E-05	5,51E-05	3,68E-01
2010	0,0008	0,0014	0,5875	2,83E-05	7,99E-05	3,55E-01
2011	0,0008	0,0015	0,5186	2,64E-05	8,08E-05	3,26E-01
2012	0,0008	0,0010	0,7859	4,03E-05	8,92E-05	4,52E-01
2013	0,0005	0,0014	0,3814	6,13E-05	1,12E-04	5,50E-01
2014	0,0006	0,0012	0,4604	2,65E-05	7,93E-05	3,34E-01
2015	0,0009	0,0012	0,7372	4,13E-05	8,75E-05	4,72E-01
2016	0,0007	0,0013	0,5122	4,68E-05	6,91E-05	6,77E-01
2017	0,0006	0,0011	0,5623	3,31E-05	6,95E-05	4,76E-01
2019	0,0012	0,0019	0,6283	2,69E-05	6,08E-05	4,42E-01
2020	0,0006	0,0013	0,4497	2,59E-05	4,73E-05	5,47E-01



Рис. 2. Динамика изменения математического ожидания ( $T_B$ ) во времени



Рис. 5. Динамика изменения математического ожидания ( $w$ ) во времени

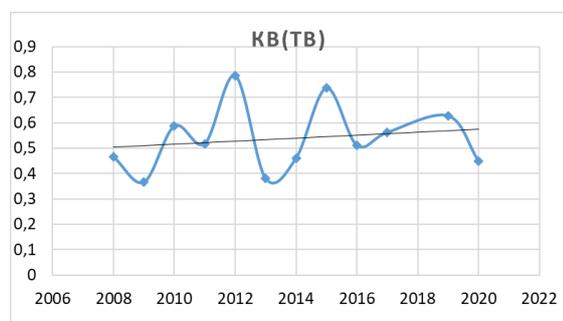


Рис. 3. Динамика изменения  $K_B(T_B)$  во времени

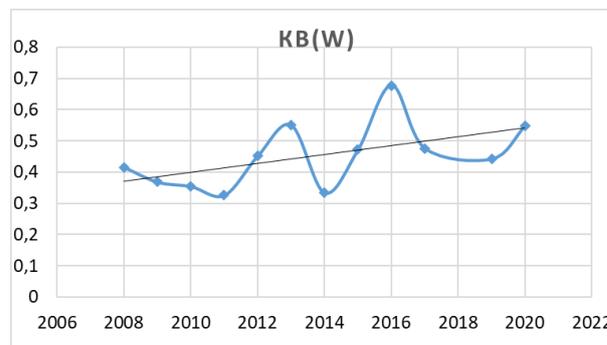


Рис. 6. Динамика изменения  $K_B(w)$  во времени

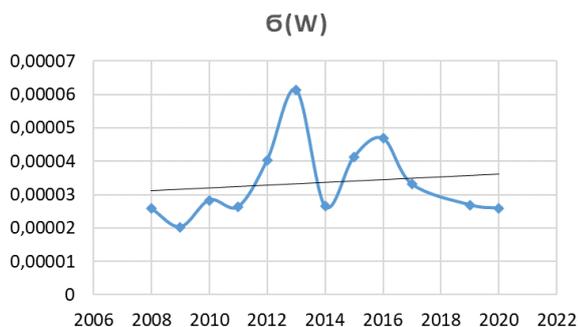


Рис. 4. Динамика изменения  $B(w)$  во времени

Линии тренда указывают на то, что с течением времени вероятностные характеристики меняются, поэтому практические результаты можно получить при их сопоставлении по видам оборудования, по районам электрической сети и др.

Для примерной подгонки использовался программный комплекс «STATISTICA». В диалоговом окне (рис. 7) задаются: переменная, для которой необходимо найти распределение, и тип подгонки (нормальный, экспоненциальный, гамма и т.д.).

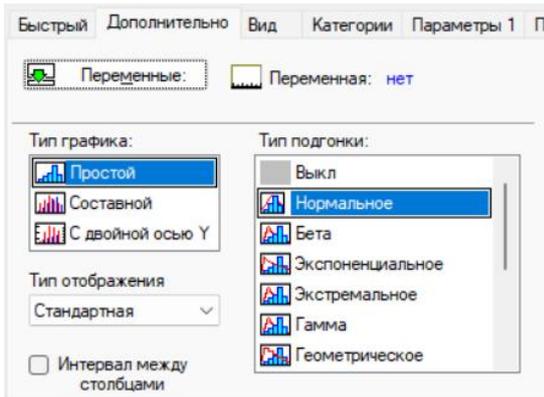


Рис. 7. Диалоговое окно ПО STATISTICA

Для уровня напряжения 3 кВ были подобраны следующие законы распределений (рис. 8, 9).

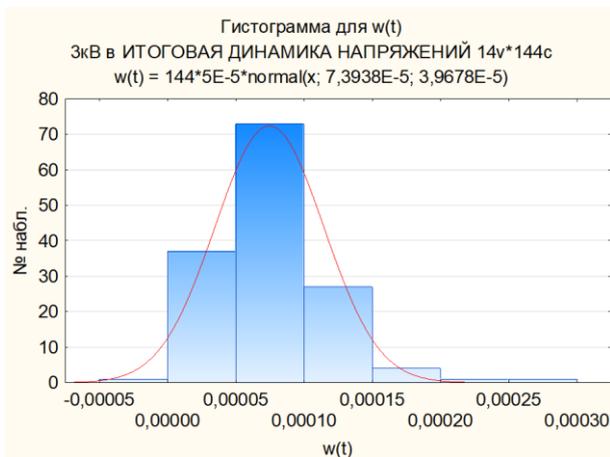


Рис. 8. Нормальный закон распределения параметра потока отказов 3 кВ

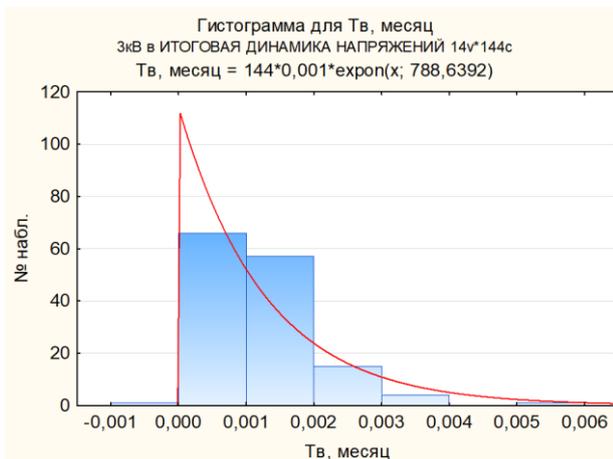


Рис. 9. Экспоненциальный закон распределения времени восстановления 3 кВ

Результаты вероятностных оценок для других признаков сведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты подгонки распределений

Напряжение, кВ		
	$T_B$	$w(t)$
6	Экспон.	Гамма
10	Экспон.	Экспон.
35	Экспон.	Экспон.
110	Экспон.	Гамма
Оборудование		
	$T_B$	$w(t)$
КЛ	Вейбулла	Экстремальный
ВЛ	Логнормальный	Логнормальный
Силовые тр-ры	Логнормальный	Логистический
Выключатели	Гамма	Логнормальный
Схемно-территориальные участки		
	$T_B$	$w(t)$
Коксохим.	Вейбулла	Бета
Доменный цех	Вейбулла	Гамма
ГОП	Экспон.	Логнормальный
УЖДТ	Экспон.	Логнормальный
ЛПЦ4	Экспон.	Логнормальный

Заключение

По вероятностным характеристикам видно, что со временем время восстановления растет. Это можно объяснить тем, что в системе электроснабжения присутствует старое оборудование и есть необходимость его замены или модернизации. Также благодаря полученным подгонкам распределения можно спрогнозировать вероятностные характеристики ожидаемых отказов системы электроснабжения. Полученные результаты в дальнейшем предполагается использовать для оценки ущерба от перерывов электроснабжения.

Список литературы

1. Фокин Ю.А., Туфанов В.А. Оценка надежности систем электроснабжения. М.: Энергоиздат, 1981. 224 с.
2. Гук Ю.Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. 224 с.
3. Ершов М.С. Методы оценки надежности и независимости источников питания в системах промышленного электроснабжения // Промышленная энергетика. 2014. №1. С. 2-6.
4. Оценка надежности систем электроснабжения промышленных предприятий с учетом трех видов отказов оборудования / Ковалев А.П., Чурсинов В.И., Якимишина В.В., Солoduхина А.П. // Вестник Приазовского государственного университета. 2005. С. 54-59.
5. Луковенко А.С., Зеньков И.В. Методы расчета надежности системы электроснабжения // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2021. С. 57-65.

**Сведения об авторах**

**Зайцев Ярослав Андреевич** – студент группы АЭБ–20 – 2 института энергетики и автоматизированных систем, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: y4rzv@yandex.ru

**Малафеев Алексей Вячеславович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрооборудования промышленных предприятий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: malapheev\_av@mail.ru. ORCID 0000-0003-1474-9764



УДК 331.46:622

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В УСЛОВИЯХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Перятинский А.Ю.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** В статье рассмотрена необходимость управления производственным процессом горнодобывающего предприятия с целью его приведения и удержания на приемлемом уровне риска травмирования. Для повышения эффективности управления производственным процессом при его осуществлении необходимо создать условия для эффективного управления им путем предварительной проработки факторов, угрожающих работнику, и факторов, его защищающих. Проработка необходима на этапах жизненного цикла производственного процесса, предшествующих этапу его осуществления, на этапах проектирования, планирования и организации производственного процесса.

**Ключевые слова:** риск, опасный производственный объект, фактор, управление, система, горнодобывающее предприятие

Любая система потенциально опасна по своей природе [1]. Особенно опасными системами являются промышленные предприятия, где осуществляется процесс преобразования сырья в продукт посредством агрегатов, машин и механизмов, обладающих большой энергетической мощностью. В такой системе источником наибольшей опасности является производственный процесс, в котором происходит соединение человека с техническими системами [2].

Горнодобывающие предприятия (ГДП) относятся к опасным производственным объектам, имеющим высокий уровень потенциальной опасности инцидентов, аварий, травмирования людей [3]. В результате влияния на ход производственного процесса неучтенных при его организации факторов, он закономерно отклоняется от запроектированного состояния в сторону более высокого риска [4].

Сами по себе отклонения производственного процесса от проектного состояния естественны и не всегда несут в себе опасности, опасность создает величина отклонения [5]. Для предотвращения отклонений, приводящих к негативным последствиям, производственным процессом необходимо управлять по критерию риска травмирования.

Управление производственным процессом можно осуществлять в рамках имеющейся на горнодобывающем предприятии системы управления охраной труда и промышленной безопасности. Для решения задачи эффективного управления производственным процессом необходимо на всех этапах жизненного цикла производственного про-

цесса формировать условия для повышения его управляемости.

Для целей формирования условий для эффективного управления производственным процессом рассматриваются следующие этапы: проектирования, планирования и организации. На каждом из этапов действуют факторы, угрожающие работнику: технические, технологические, горно-геологические, природно-климатические и факторы, его защищающие: организационно-управленческие, психофизиологические, мотивационные, социально-экономические и квалификационные [6]. Оценивание по значениям приведенных факторов рационально осуществить методом экспертных оценок. Результаты можно предоставить в виде лепестковой диаграммы (см. рисунок).

Проработка этих факторов на каждом этапе позволит создать условия для осуществления производственного процесса с приемлемым уровнем риска наступления негативных событий [7].

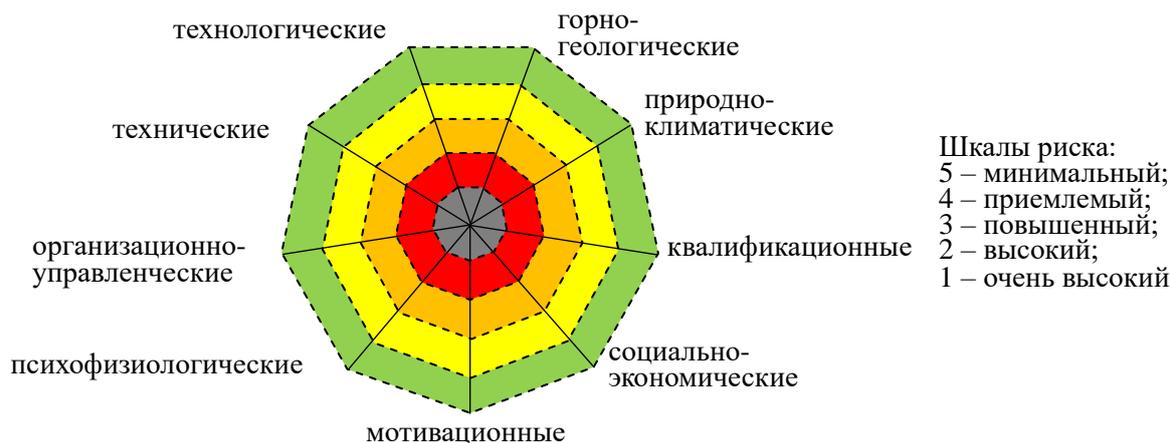
Безопасность работника на предприятии обеспечивается при условии, если суммарная мощность факторов, защищающих работника, превышает суммарную мощность факторов, ему угрожающих [8]:

$$\frac{\sum \Phi_3}{\sum \Phi_p \cdot K_3} \geq 1, \quad (1)$$

где  $\sum \Phi_3$  – суммарная мощность защищающих факторов;

$\sum \Phi_p$  – суммарная мощность угрожающих факторов;

$K_3$  – коэффициент защищенности.



Оценка производственного риска по факторам

Для надежного обеспечения приемлемого уровня риска мощность защищающих факторов необходимо увеличить на коэффициент защищенности.

Производственный процесс необходимо прорабатывать по каждому фактору на каждом этапе его жизненного цикла для достижения необходимого соотношения (1).

На этапе **проектирования** по критерию риска травмирования проводятся предварительные исследования и сравнительный анализ различных вариантов извлечения полезных ископаемых. На этой стадии анализируются условия добычи, моделируются и рассматриваются различные варианты производственных процессов для сравнения их по уровню риска травмирования. В каждом варианте определяются сопутствующие процессу опасные производственные ситуации (ОПС), оцениваются риски травмирования в производственном процессе при его осуществлении в штатном, нештатном и аварийном режимах. По результатам анализа выбирается окончательный вариант технологического процесса, составляются расчетные функциональные схемы оборудования, обеспечивающие выполнение производственного задания с минимально возможным риском травмирования и принимают схему, удовлетворяющую требованиям заказчика.

На этапе **планирования** осуществляется проработка *природно-климатического фактора* по следующим направлениям: планируются решения и ресурсы, необходимые для осуществления производственного процесса в имеющихся природно-климатических условиях; устанавливаются фактические природно-климатические условия осуществления производственного процесса на планируемый период времени. *Горно-геологический фактор* прорабатывается следующим образом: определяется фактический уровень опасности,

формируемый горно-геологическим фактором; планируются технические меры снижения риска травмирования, необходимые материальные и нематериальные ресурсы.

*Технический фактор* прорабатывается по следующим направлениям: оценивается техническое состояние оборудования по вероятности отказа и тяжести последствий; планируются меры технического и организационного характера по снижению сверхдопустимого риска путем замены оборудования, изменения режимов его работы.

*Технологический фактор* прорабатывается по следующим направлениям: оценивается фактический уровень риска травмирования на конкретных рабочих местах при выполнении операций, циклов действий и конкретных действий работниками; при неприемлемо высоком уровне риска травмирования принимаются меры по выявлению рабочих процессов, являющихся частью технологического процесса и операций, риск в которых превышает приемлемый уровень; планируется расстановка рабочих в технологическом процессе, исходя из соотношения суммарной мощности факторов, защищающих работника, и суммарной мощности факторов, угрожающих ему.

Прорабатываются также факторы, защищающие работника, то есть факторы, инициирующие поведение человека и определяющие его способность защититься от угроз определенного уровня.

*Квалификационный фактор.* Этот фактор прорабатывается по следующим направлениям: в соответствии с уровнем угроз, формируемых угрожающими факторами, определяется уровень квалификации работников, позволяющий обеспечить приемлемый риск травмирования при осуществлении трудовой функции в конкретных производственных процессах и операциях; проводится предварительное прогнозирование требуемого уровня квалификации, и при необхо-

димости планируется повышение уровня квалификации работников; планируется прием работников, обладающих необходимой квалификацией.

*Психофизиологический фактор* прорабатывается по следующим направлениям: исходя из угроз, создаваемых в рабочих процессах и операциях, определяется необходимый уровень психофизиологического состояния работника, обеспечивающий уровень защищенности в соответствии с соотношением (1); планируется режим труда и отдыха при выполнении работником трудовой функции с целью удержания его психофизиологического состояния на необходимом для обеспечения безопасности уровне; разрабатываются критерии отбора работников по психофизиологическим особенностям, подходящим для работы на данном предприятии; планируется механизация и автоматизация производственного процесса с целью снижения негативных изменений в психофизиологическом состоянии работников.

*Организационно-управленческий фактор.* Проработка этого фактора осуществляется по следующим направлениям: планируются ресурсы для осуществления производственного процесса в штатном, нештатном и аварийном режимах; планируется горизонтальное и вертикальное информационное взаимодействие; определяется и прорабатывается необходимая масштабность взаимоувязанности рабочих процессов, операций, отдельных действий; прогнозируются возможные опасные производственные ситуации (ОПС), планируются меры, упреждающие их возникновение, и меры по ситуативному контролю ОПС при отклонении производственного процесса от штатного состояния.

К планированию привлекаются звеньевые, бригадиры и линейные руководители всех уровней управления для установления единых целей деятельности работников.

На этом этапе также осуществляется проработка *социально-экономического фактора* по следующим направлениям: планируется система поощрений и взысканий за выполнение/невыполнение трудовой функции безопасно; планируется система социальной защиты работников и социального обеспечения; планируется уровень заработной платы, стимулирующей приток работников необходимой квалификации; планируются социально-направленные мероприятия; планируются материальные и нематериальные средства для реализации планов.

*Мотивационный фактор* прорабатывается по следующим направлениям: разрабатывается система понятной и справедливой оплаты труда; формируется система карьерного роста; разрабатывается система поощрений наиболее ценных

работников предприятия; планируются полномочия и ответственность работников.

На этапе **организации** производственного процесса проработка факторов начинается с факторов угрожающих, например, проработка *природно-климатического* фактора осуществляется в соответствии с планом и заключается в следующем: разрабатываются регламенты и подготавливаются материальные ресурсы для осуществления производственного процесса с учетом неблагоприятных метеоусловий.

*Горно-геологический* фактор на этом этапе прорабатывается по следующим направлениям: разрабатываются регламенты и правила ведения горных работ при различных горно-геологических условиях; организуются материальные ресурсы для осуществления производственного процесса в штатном режиме и при возможных отклонениях от штатного режима.

*Технический фактор* прорабатывается следующим образом: организуется система технического обслуживания и ремонтов оборудования в зависимости от его технического состояния; при надежности оборудования, не обеспечивающей приемлемый риск травмирования, оборудование ремонтируется, реконструируется или заменяется; организуется необходимое количество ремонтных бригад с уровнем квалификации, позволяющим привести оборудование к необходимой надежности; разрабатываются регламенты по работе с оборудованием, по устранению его отказов, по устранению ОПС, возникающих в связи с эксплуатацией оборудования; разрабатываются чек-листы для контроля полноты и качества ремонта.

*Технологический процесс:* в технологическом процессе выявляются рабочие процессы, операции и действия с высоким риском травмирования; организуются и подготавливаются работники, способные осуществлять рабочие процессы, операции, циклы действий и конкретные действия с приемлемым риском травмирования; для всех рабочих процессов и операций разрабатываются регламенты и правила безопасного их выполнения; формируется перечень наиболее вероятных ОПС и разрабатываются регламенты по их контролю и устранению; предусматриваются необходимые ресурсы для осуществления производственного процесса в штатном, нештатном и аварийном режимах.

Далее рассматриваются «защитающие» факторы, то есть факторы, инициирующие поведение человека при осуществлении им производственного процесса и характеризующие способность человека обеспечить собственную безопасность и безопасность людей, находящихся в зоне его ответственности.

*Квалификационный фактор* прорабатывается следующим образом: организуется подготовка персонала к осуществлению производственного процесса в конкретных рабочих процессах и операциях исходя из соотношения (1) для обеспечения безопасности; работники подготавливаются к контролю вероятных ОПС и приведению производственного процесса в штатное состояние.

*Психофизиологический фактор*. Под конкретные условия труда организуется отбор работников по психофизиологическим качествам; в зависимости от психофизиологических особенностей работников организуются режимы труда и отдыха с целью поддержать у них работоспособное состояние.

*Организационно-управленческий фактор*. На основе оценки рисков, создаваемых угрожающими факторами, организуется подготовка материальных ресурсов, разработка регламентов по осуществлению производственного процесса в штатном, нештатном и аварийном режимах; организуется информационное взаимодействие между работниками; взаимосвязываются по времени рабочие процессы и операции; составляется список возможных ОПС и организуются меры по их предупреждению.

*Социально-экономический фактор*. Разрабатывается система поощрений и взысканий за выполнение/невыполнение трудовой функции безопасно; организуется система социальной защиты работника и социального обеспечения; разрабатывается система оплаты труда, выделяются средства; формируется система по организации социальных мероприятий, выделяются необходимые средства.

*Мотивационный фактор*. Организуется система и разрабатываются критерии отбора рабочих и руководителей с целью повышения их по служебной лестнице; разрабатывается система справедливой оплаты труда; организуется совместная деятельность в нерабочее время с выделением необходимых средств; организуется нематериальное поощрение наиболее ценных работников предприятия; справедливое разделение обязанностей и ответственности.

Проработка на ранних стадиях жизненного цикла производственного процесса факторов угрожающих и факторов защищающих с целью приведения их к соотношению, приведенному в формуле (1), позволяет снизить негативное влияние угрожающих факторов, повысить защищенность человека и обеспечить благоприятные условия для дальнейшего повышения или удержания приемлемого уровня риска травмирования на этапе осуществления производственного процесса.

#### Список литературы

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.: Под общ. ред. С.В. Белова. 8-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2008. 616 с.
2. Перятинский А.Ю. Полищук М.Н. Взаимодействие персонала горнодобывающего предприятия как главный фактор обеспечения безопасности труда// Безопасность труда в промышленности. 2023. № 2. С 23-31.
3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. от 14 ноября 2023 г.). URL <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-21071997-n-116-fz-o/> (дата обращения 25.05.2024).
4. Подход к экономической оценке производственного риска на горнодобывающем предприятии / Галкина Н.В. и др.// Известия УГГУ. 2022. Вып. 4 (68). С. 151-158.
5. Баскаков В.П. Методика снижения риска травм и аварий на угольных шахтах путем стандартизации производственного процесса: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Баскаков Владимир Петрович. М., 2009. 147 с.
6. Перятинский А.Ю. Организация безопасного производственного процесса горнодобывающего предприятия // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2022. Вып. 4. С. 144-154.
7. Солдатов В.Г., Вавилин Я.А., Манкевич И.Г. Проблемы и пути внедрения риск-ориентированного мышления // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т.19. №4. С. 82-90. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2021-19-4-82-90>.
8. Артемьев В.Б., Галкин В.А., Кравчук И.Л. Безопасность производства (организационный аспект). М.: Горная книга, 2015. 144 с.

#### Сведения об авторах

**Перятинский Алексей Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры ПЭиБЖД, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: peralex@inbox.ru. ORCID 0000-0003-2339-6135

УДК 621.98.043

## ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВЩИКАМИ

Столяров Ф.А.<sup>1</sup>, Гун И.Г.<sup>2</sup>, Вахитов А.Р.<sup>2</sup>, Смирнов А.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск<sup>2</sup>АО НПО «БелМаг», Магнитогорск

**Аннотация.** Одним из наиболее важных этапов при разработке продукции и постановке ее на серийное производство является выбор поставщиков комплектующих изделий. Качество в поставках позволяет стабильно производить продукцию, отвечающую высоким нормам современных автопроизводителей. Методы оценки и выбора надежного поставщика не позволяют полностью исключить субъективный фактор менеджера или целого отдела закупок. В данной статье ставится задача разработки и дальнейшего внедрения в процессы предприятия универсальной методики оценки и выбора поставщика, основанной на методах машинного обучения и данных из уровня дефектности в поставках и дефектности из эксплуатации.

**Ключевые слова:** поставщик, уровень качества, методы оценки поставщиков, конкурентоспособность, машинное обучение

Качество продукции, в частности в автомобильной отрасли, начинает формироваться на этапе получения запроса от потребителя и на стадии проектирования конструкции конечного продукта и технологического процесса его производства. Однако немалый вклад в достижение заданного уровня качества оказывает качество закупаемых у сторонних поставщиков комплектующих [1], которые являются субпоставщиками для конечного автопроизводителя.

В настоящее время в Российской Федерации и за рубежом существуют и развиваются способы оценки, выбора, контроля и управления деятельностью поставщика, а также способы взаимодействия между поставщиком и потребителем. Методы, направленные на оценку деятельности поставщика, позволяют потребителю оценить закупочную деятельность с точки зрения соответствия выбранных критериев. В одном случае это может быть одиночный критерий, который является определяющим для достижения той или иной цели закупочной деятельности, например минимальная цена или наилучшее качество. В другом случае это может быть интегральная квалиметрическая оценка, основанная на множестве факторов и их удельном весе, которая позволяет более комплексно оценить текущего или потенциального поставщика продукции или услуг [2].

Также известно, что при формировании качества немаловажным аспектом является организация производственного процесса как у самого

предприятия, производящего продукцию, так и у поставщика комплектующих деталей и изделий [3], уровень которого зависит от многих факторов, в частности от интегрирования современных процессов СМК в структуру предприятия. Однако в большинстве открытых источников описываются способы организации собственного производства, но не производства на площадке поставщика.

Целью данной работы является постановка задачи о необходимости разработки и внедрения универсальной методики оценки текущего поставщика и оценки и выбора потенциального поставщика на основе имеющегося набора данных из поставок и эксплуатации.

Для определения целесообразности применения той или иной методики оценки поставщика необходимо разобрать их суть.

Для управления поставщиками широкое распространение получила концепция SCM (Supplier chain management), которая базируется на динамическом и непрерывном управлении цепочкой поставок, основанном на всестороннем обмене информацией между звеньями [4]. Однако данная методика скорее относится к оптимизации логистических цепочек, нежели чем к оценке текущего или перспективного поставщика, что накладывает некоторые ограничения на ее применении для оценки новых поставщиков.

Известны подходы, основанные на применении методов системного анализа и ранжировании характеристик [5, 6]. Одним из таких методов является «Метод рейтинговых оценок». Данная методика предполагает сегментирование текущих

поставщиков на группы в зависимости от влияния закупаемой детали на конечное качество (например, на безопасность или функциональность), от уровня дефектности закупаемых деталей (возможного риска возникновения дефекта), от объема закупок и других значимых факторов. Рассмотрение критериев оценки поставщика как системы позволяет присвоить ему комплексную оценку, ранжировать его в перечне текущих поставщиков, а также предсказать комплексную оценку при ранжировании перспективных поставщиков. Недостатком указанной методики является субъективность при проведении экспертных оценок, что может быть критично для предприятия, осваивающего новые рынки, или же для нового предприятия.

Существуют подходы для оценки конкурентоспособности того или иного предприятия, опирающиеся на применение квалиметрических оценок, критерии для которых выбираются на основе тех или иных предпочтений предприятия, осуществляющего закупочную деятельность [7]. В целом данная группа методов схожа с методом рейтинговых оценок. Отличием является применение методов квалиметрии при проведении расчетов.

Более простым с точки зрения присвоения оценок является «метод категорий предпочтений». В этом случае каждая служба предприятия составляет рейтинг поставщиков с точки зрения профессиональных предпочтений. Например, конструкторская служба оценивает качество предоставляемых документов, а отдел технического контроля – количество дефектов в партии. Недостатком такого метода можно считать субъективность при составлении оценок и при присвоении удельного веса оценки того или иного подразделения.

Для оценки поставщика с точки зрения экономической деятельности предприятия применим «Затратно-коэффициентный метод», суть которого заключается в разделении процесса закупок на подпроцессы и оценке затрат на каждом из этапов.

Наиболее современными являются методы, основанные на применении нейронных сетей или методах машинного обучения [8, 9]. В данном случае в компьютерную программу загружается некоторое количество конкретных примеров функционирования поставщиков, на основе которых строится модель влияния субъективных факторов на результаты их деятельности. В указанных работах проведена оценка поставщиков на основе предварительного анкетирования (метод рейтинговых оценок), что говорит о возможном комбинировании современных и классических методик.

Однако некорректно оценивать деятельность предприятия даже методами машинного обучения, основываясь только на субъективных оценках. В таком случае высок риск упустить из вида незаметные, но достаточно весомые причины и последствия этих причин, которые могут быть выражены в несоответствии закупаемой продукции.

Также стоит отметить, что методы машинного обучения на данный момент широко не внедрены в деятельность предприятий по оценке и выбору поставщиков, следовательно, не прошли апробацию в реальных условиях автомобильного рынка, что не дает гарантий эффективности использования данного метода.

Ограничениями методов машинного обучения являются, в первую очередь, требования к качеству исходных данных [10], а именно «Instance», «Label» и «Feature», которые помимо того, что должны коррелировать между собой, так и должны быть оформлены надлежащим образом.

В этом случае имеет место задача по разработке универсальной методики для оценки деятельности предприятия субпоставщика, в которой будет сведен к минимуму субъективный фактор рейтинговых оценок. К сожалению, полностью исключить данный фактор невозможно, так как для оценки перспективного субпоставщика все же необходима расстановка оценок. Критерии оценивания предлагается усовершенствовать, основываясь на существующих системах оценивания [11, 12]. Далее предполагается внедрение в компьютерную программу числовых данных, основанных на данных об оценке поставщика, уровня дефектности в поставках (покупное качество) и об уровне дефектности готовых изделий (данных из эксплуатации). Схематически данная система представлена на рис. 1.

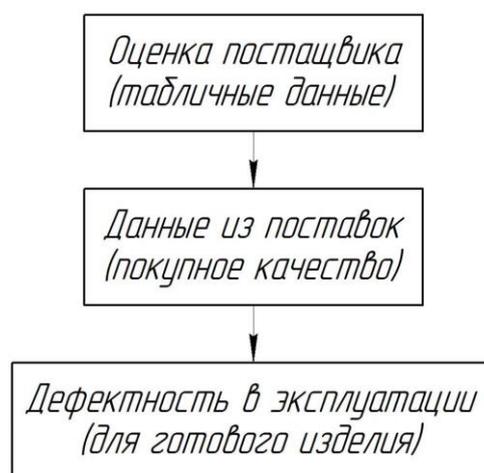


Рис. 1. Основа данных для машинного обучения

На рис. 2 представлен пример данных об уровне дефектности в эксплуатации для шаровой

опоры автомобиля Lada Vesta за 2023 год.

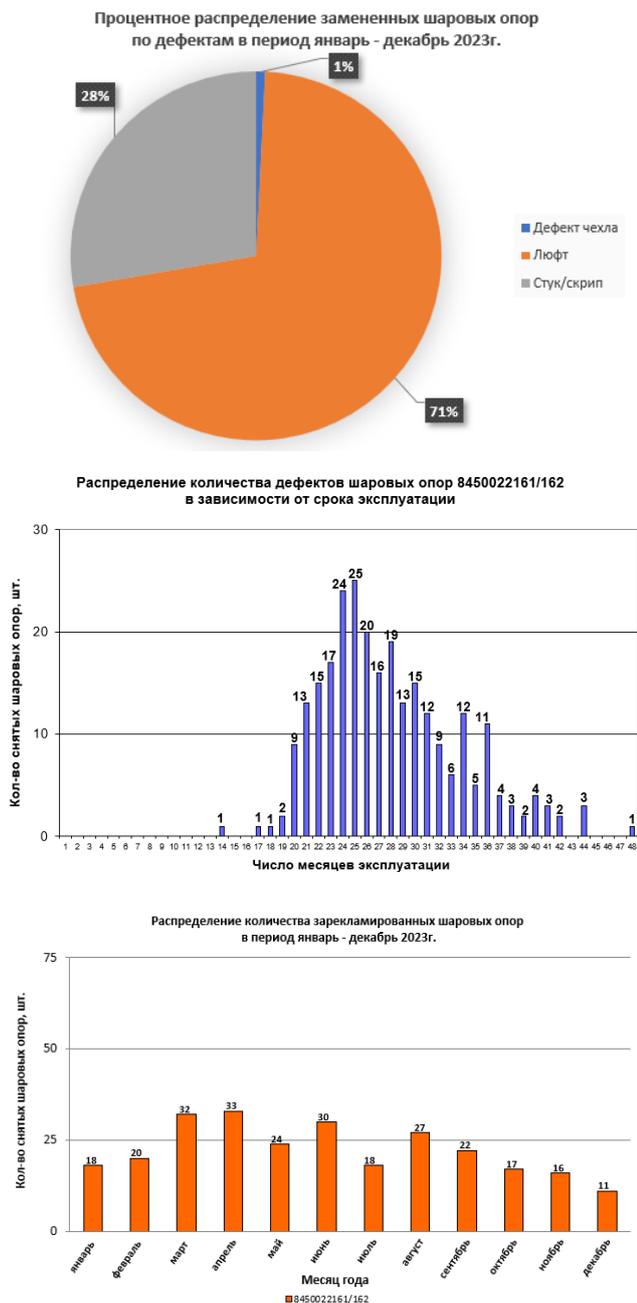


Рис. 2. Пример данных об уровне дефектности в эксплуатации

По результатам работы можно сделать вывод о том, что разработка универсальной методики оценки и выбора поставщика продукции является актуальной задачей с точки зрения обеспечения качества в эксплуатации готового изделия.

## Список литературы

- Сергеева С.А. Управление качеством в сфере закупок на основе статистического анализа // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 5-2. С. 413-417.
- Жамсуева Г.С. Разработка методики работы с поставщиками в системе менеджмента качества электролампового завода // *Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25–29 мая 2015 г. : в 2 т. Томск : Изд-во ТПУ. 2015. С. 34-39.*
- Конкуренция и конкурентоспособность. Организация производства конкурентоспособной продукции: материалы VI Международной научно-практической конференции, 14 декабря 2007 года, г. Новочеркасск: [в 2 ч.] / Федеральное агентство по образованию, Южно-Российский гос. техн. ун-т (Новочеркасский политехнический ин-т); [редкол.: Б.Ю. Сербиновский - отв. ред., М.В. Радиевский]. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. 21 с.
- Yacob Khojasteh, *Supply Chain Risk Management Advanced Tools, Models, and Developments* // Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018, p. 334.
- Оревинин И.Н. Оценка и выбор поставщика в системе управления материальными ресурсами промышленного предприятия: методический аспект: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Оревинин Илья Николаевич. Ярославль, 2007. 22 с.
- Бочкарева Е.П., Волкова В.Н. Инструменты и методы управления обеспечением машиностроительного предприятия комплектующими изделиями // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2013. № 6-1(185). С. 258-268.
- Кузубов А.А. Методические подходы и критерии оценки конкурентоспособности предприятий // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 12-4. С. 801-805.
- Поцулин А.Д., Сергеева И.Г., Руденко В.Д. Использование методов машинного обучения для оценки поставщиков продукции // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2020. Т. 13, № 6. С. 79-90.
- Allgurin, A. and F. Karlsson. 2018. Exploring Machine Learning for Supplier Selection: A case study at Bufab Sweden AB. Independent thesis Advanced level (degree of Master (One Year)) Student Thesis.
- Ерискин В.В. Моделирование требований к системам машинного обучения // *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2021. № 2-1.
- Анцев В.Ю., Игнатенко Е.Ю., Пасько Н.И. Квалиметрическая оценка поставщиков // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2012. № 1. С. 434-440.
- Kuznetsov A V, Vitshuk N A, Antsev Yu, Sabinina A L. Application of qualimetry methods for quality assessment of production processes at components suppliers enterprises. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 666, 012052.

**Сведения об авторах**

**Столяров Федор Алексеевич** – аспирант, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: stolyarov.f.a@yandex.ru. ORCID 0000-0001-7785-8417

**Гун Игорь Геннадьевич** – доктор технических наук, профессор, генеральный директор, АО НПО «БелМаг», г. Магнитогорск. E-mail: goun@belmag.ru. ORCID 0000-0002-6201-661X

**Вахитов Александр Рафаельевич** – кандидат технических наук, главный конструктор, АО НПО «БелМаг», г. Магнитогорск. E-mail: vakhitov@belmag.ru. ORCID 0000-0001-7299-2035

**Смирнов Алексей Вячеславович** – кандидат технических наук, директор по закупкам, АО НПО «БелМаг», г. Магнитогорск. E-mail: alexey.smirnov@belmag.ru. ORCID 0000-0003-4321-5012

УДК 004.032.26

## НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ДИЗАЙНЕ

Притула Д.В., Карелина Ю.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** В данной статье изучена тема нейронной сети, какова её роль и помощь в дизайне. Нейронная сеть основывается на принципе работы нейронов головного мозга, так как имеет отличительные от других программ способности к обучению, что открывает большое количество возможностей для использования потенциала данного алгоритма во многих сферах деятельности человека. Уже сейчас нейросеть способна анализировать и выдавать результаты по запросам людей, генерируя картинки, тексты и другие материалы. Со временем способности и возможности будут только совершенствоваться, поэтому нейронная сеть обладает большими перспективами.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, дизайн, обучение, генерация, искусственный интеллект

На данный момент нейросети находят своё применение в разнообразных направлениях деятельности людей, упрощая многие аспекты и помогая в какой-либо работе.

Нейронная сеть, или нейросеть, представляет из себя алгоритм, схожий с работой человеческого мозга, так как тоже имеет способности к обучению с помощью большого количества информации [1]. В данном обучении помогает непосредственно сам человек, так как именно он открывает доступ к базе, необходимой для просвещения нейронной сети ресурсов. Такая база может представлять собой вместилище, куда могут входить изображения, текст и др., по которой данный алгоритм способен обучаться. Иначе говоря, нейросеть способна учиться: изучать новую полученную информацию из какой-либо базы данных и ресурсов, делать на этом определённые выводы, а после использовать новые данные для выполнения каких-либо задач.

Во время создания нейронной сети следует учитывать информационный источник, по которому алгоритм будет учиться, так как чем больше база, тем лучше и качественнее будет проходить обучение, и тем лучше будет запоминаться полученная информация. Если работа заключается в создании нейросетью картинки, например, какого-то дизайна, то база будет состоять из подписанных картинок. Иными словами, чем больше в хранилище изображений с подписью «растения», то при обработке данных из хранилища нейронная сеть лучше запомнит, как выглядят растения, следовательно, будет выдавать более точные результаты при запросе [2].

Нейронная сеть способна предоставить следующую помощь в дизайне:

– генерация, или создание, определённого изображения, логотипа, шрифта и много другого, что поможет создать дизайн. Нейронная сеть является прекрасной основой для каких-либо дизайнерских проектов, так как по запросу она способна предоставить интересные концепции, цветовые решения, форму шрифта и др. [3]. Основываясь на уже существующих работах и беря от них по кусочку, она создаст, можно сказать, хороший набросок, который сможет подать идею, в каком направлении двигаться, или основу, которая при хорошей доработке и редакции станет достойным дизайнерским решением;

– анимация и видео. Нейронные сети способны создавать видео и анимации, они могут делать это с нуля по определённому запросу или же анимировать существующие изображения;

– создание интерфейса для сайта или приложения. Нейросеть способна анализировать более востребованные среди пользователей дизайны, выделять из них одни из самых удобных и привлекательных вариантов [4];

– редактирование. Искусственный интеллект, подобно фоторедактору, может отредактировать изображение. Таким образом, по запросу нейронная сеть способна добавить или убрать элемент на изображении, дорисовать некоторые части на картинке, а также сменить освещение и наложить специальные фильтры или маски [5];

– генерация названия. Одной из удобных функций нейронной сети является её возможность в создании наименования. Например, если задать запрос искусственному интеллекту придумать название для бренда, который занимается определённой продукцией, то алгоритм способен предо-

ставить несколько вариантов возможных наименований. Некоторые нейросети даже могут задавать наводящие вопросы для полного уточнения и лучшего результата.

Не стоит забывать, что нейронная сеть не сможет создать что-то идеальное. Результат, полученный искусственным интеллектом, будет требовать доработок со стороны дизайнера, так как, к сожалению, в большинстве своём алгоритм может выдать что-то абстрактное или не совсем соответствующее запросу, так как нейросеть может часто ошибаться и выдавать не тот результат, что могло вызвать некорректный ввод запроса.

Бесспорно, искусственный интеллект обладает рядом преимуществ в направлении дизайна. Это может быть скорость и работа в любое время, так как нейронная сеть – это программа и в отличие от человека она может работать значительно быстрее, ей не нужен отдых и у неё отсутствует «выгорание».

Но, к сожалению, отрицательные качества тоже присущи нейросети. Они заключаются в частых ошибках и не связанных с запросом результатах. Очевидно, что для получения нужных результатов нейронная сеть требует подробного описания того, что нужно сгенерировать.

Может ли нейросеть заменить человека? По мнению некоторых людей, куда входит большое количество художников, использование нейронной сети приравнивается к воровству, так как она использует чужие работы и может копировать чужой художественный стиль. Но здесь следует отметить, что в отличие от людей нейронная сеть не вкладывает в работу смысл или душу, как это делает человек. Нейросеть следует своему заложенному алгоритму, суть которой заключается в обучении и в генерации, например, какого-то изображения по запросу того же человека. Также не стоит забывать, что именно благодаря человеку нейронная сеть обучается, так как в первую очередь он открывает доступ к нужной базе, необходимой для правильного развития и усваивания информации.

По личным наблюдениям, запрос для нейронной сети следует составлять следующим образом:

- писать подробно, но просто, не используя слишком детализированные и мудрёные описания. Алгоритм разбивает предложение на простые составляющие и может просто запутаться;

- использовать английский алфавит. Большинство хранилищ для искусственного интеллекта, к сожалению, на английском языке. Таким образом, при использовании английского алфавита шансы получить более точный результат увеличиваются.

Для примера введения запроса и создания работы будем использовать нейронную сеть Stable Diffusion AI.

В первом варианте запрос будет более уточняющим, подробным, но простым и будет использоваться английский алфавит. Таким образом, запрос будет выглядеть следующим образом «A white kitten in a flower meadow, sunset, pink clouds, butterflies flying around».

Готовый результат, который сделала нейронная сеть, можно увидеть на рис. 1. Как можно заметить, составляющие запроса были предусмотрены, так как на готовом изображении присутствуют следующие элементы: белый котёнок, цветочное поле, бабочки, закат, розовые облака. По личному мнению, искусственный интеллект хорошо справился со своей задачей.



Рис. 1. Созданное по правильному запросу изображение нейросети

Во втором варианте запрос будет противоположен первому, то есть он будет менее уточняющим, подробным и мудрёным, а также вместо английского языка там будет использоваться русский язык. Но при этом и первый, и второй запрос будут одинаковы по своей сути. Таким образом, составленный запрос для нейронной сети будет выглядеть следующим образом «белоснежная кошка на поляне с красивыми цветами играет с бабочками под лучами уходящего солнца, которые окрашивают облака в розовые цвета».

Созданное нейросетью изображение по такому запросу представлено на рис. 2.



Рис. 2. Созданное по неправильному запросу изображение нейросети

По результату, к сожалению, можно увидеть, как искусственный интеллект запутался в запросе, создав практически неподходящее изображение. На картинке всё ещё присутствуют что-то напоминающее цветы и закат, но остальное было рас-

познано и, следовательно, сгенерировано неправильно.

Подводя итог приведённому выше эксперименту, можно сказать, что формулировка запроса – это очень важная часть работы с искусственным интеллектом в принципе. От того, как точно и понятно будет преподнесено задание для нейросети, будет всецело зависеть результат.

#### Список литературы

1. Принцип работы нейронных сетей: сайт. URL: <https://neiros.ru/blog/automation/neyronnye-seti-printsip-raboty-perspektivy-i-159-sovremennykh-neuronok/> (дата обращения: 17.05.24).
2. Технологии искусственного интеллекта: сайт. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/63aebd9d9a7947830cd64a3d> (дата обращения: 17.05.24).
3. Нейросети для дизайна: сайт. URL: <https://smmplanner.com/blog/top-nejrosietiei-dlia-dizaina-sozdaiem-kartinki-loghotipy-vieb-dizain/#01> (дата обращения: 17.05.24).
4. Нейронные сети в дизайне: сайт. URL: <https://www.uplab.ru/blog/neyroseti-v-rabote-dizaynera/> (дата обращения: 17.05.24).
5. Нейросетевые инструменты для дизайна: сайт. URL: <https://gb.ru/blog/nejrosetevye-instrumenty-dlya-dizajna-i-razrabotki/> (дата обращения: 17.05.24).

#### Сведения об авторах

**Притула Диана Викторовна** – студентка гр. ТТПб-20-1, ФБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: narc.is.sus@yandex.ru

**Карелина Юлия Александровна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: medyanik@inbox.ru. ORCID 0000-0001-8027-3567

УДК 664

## НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЗАМЕНИТЕЛЯМ МОЛОЧНОГО ЖИРА

Зяблицева М.А., Кожина А.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Заменители молочного жира нашли широкое применение в производстве пищевой продукции. Диетические свойства и низкая стоимость позволяют производителям постоянно расширять ассортимент продукции с ЗМЖ. Введенный ГОСТ 31648–2022 «Заменитель молочного жира. Технические условия» устанавливает более детальные требования к качеству готовой продукции. Установлено деление ЗМЖ на две марки. Приведены в соответствие физико-химические показатели ЗМЖ ГОСТ 31648–2022 с требованиями ТР ТС 024/2011.

**Ключевые слова:** заменитель молочного жира, физико-химические показатели, молокосодержащая продукция, питание, стандарт

Потребление россиянами молока и молочной продукции в 2023 году составило 249 кг на человека, что является максимальным показателем за последние 28 лет. Согласно прогнозам, в 2024 г. потребление молока и молочной продукции продолжит возрастать.

В ответ на рост спроса производители стремятся увеличить производство. За первый квартал 2024 г. российские предприятия произвели 6,1 млн т товарного молока, что на 3,4% больше, чем в прошлом году. В числе основных регионов-производителей – Татарстан, Краснодарский край, Удмуртия, Воронежская область и Алтайский край [1, 2].

Основной прирост в производстве товарного молока связан с вводом в эксплуатацию новых ферм. Вслед за ростом производства молока увеличивается и производство молочной продукции. Отмечается рост объемов произведенного сухого молока, сыров, продуктов переработки сыворотки, мороженого и кисломолочной продукции.

При этом, несмотря на рост производства молока, остается востребованной продукция с заменителями молочного жира. Согласно определению ТР ТС 024/2011 Технический регламент Таможенного союза «Технический регламент на масложировую продукцию» заменитель молочного жира (ЗМЖ) – это продукт с массовой долей жира не менее 99%, произведенный из модифицированных или немодифицированных растительных масел, с температурой плавления не более 36°C и содержащих не более 5% массовой доли твердых триглицеридов и не более 65% массовой доли насыщенных жирных кислот от суммы жирных кислот, в том числе не более 38% массовой доли пальмитиновой кислоты от суммы жирных кислот [3].

ЗМЖ предназначены для замещения молочного жира в пищевых продуктах и могут быть использованы в производстве кондитерской, хлебопекарной, масложировой и молочной продукции.

Основное сырье при производстве заменителя молочного жира – это рафинированные и нерафинированные растительные масла, такие как пальмовое, кокосовое, горчичное, льняное, кукурузное, соевое. В связи с чем ЗМЖ широко используются в производстве продукции здорового питания, поскольку включение в рецептуру продукта ЗМЖ позволяет понизить энергетическую ценность и количество холестерина в готовом продукте. Данный аспект особенно важен для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями и нарушениями обмена веществ. Кроме того, ЗМЖ позволяют обогатить состав продукта полиненасыщенными жирными кислотами и витаминами, повышая не только биологическую ценность продукта, но и его устойчивость к окислению в процессе хранения.

Обладая диетическими свойствами, ЗМЖ имеют относительно низкую стоимость и позволяют снизить себестоимость готовой продукции. В связи с чем ЗМЖ нашли широкое применение в производстве широкого спектра пищевой продукции.

С 01.01.2023 г. требования к качеству сырья, готовой продукции и методы контроля ЗМЖ устанавливает ГОСТ 31648–2022 «Заменитель молочного жира. Технические условия», который заменил действующий ранее ГОСТ 31648–2012. Новый стандарт имеет ряд существенных отличий от предыдущего. Так, введена классификация ЗМЖ, согласно которой по назначению ЗМЖ делят на две марки. Первая марка предназначена для изготовления специализированных и обогащен-

ных пищевых продуктов. ЗМЖ второй марки используются для производства пищевой продукции. Для каждой марки установлены свои нормы по физико-химическим показателям (см. таблицу).

#### Физико-химические показатели ЗМЖ

Наименование показателя	Значение показателей ЗМЖ, марка	
	1	2
Массовая доля жира, %, не менее	99	
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	1	
Температура плавления, °С	25-36	
Отношение суммы массовых долей полиненасыщенных жирных кислот к сумме массовых долей насыщенных жирных кислот, не менее	0,3	-
Отношение суммы массовых долей полиненасыщенных жирных кислот к сумме массовых долей насыщенных жирных кислот, не менее	55	65
Массовая доля трансизомеров жирных кислот, %, не более	2,0	
Переокисное число, мэкв активного кислорода/кг, не более	2,0	
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,3	
Анизидиновое число, у.е., не более	3,0	

Показатели безопасности ЗМЖ установлены в Технических регламентах Таможенного союза ТР ТС 021/2011 и ТР ТС 024/2011.

Особое внимание в новом стандарте было уделено содержанию трансизомеров жирных кислот. Трансизомеры жирных кислот – это ненасыщенные жирные кислоты промышленного или натурального происхождения, оказывающие негативное влияние на состояние сердечно-сосудистой системы. Научные исследования российских и зарубежных ученых показали, что трансизомеры способствуют повышению в крови уровня липидов низкой плотности и, как следствие, могут провоцировать развитие заболеваний сердечно-сосудистой системы, нарушений обмена веществ и репродуктивной функции [5].

Всемирная организация здравоохранения призывает правительства всех стран отказаться от продуктов с промышленно производимыми трансжирами и рекомендует снизить уровень потребления трансжиров на уровень не более 1% от общей энергетической ценности рациона. В связи

с чем в ряде европейских стран введен полный запрет на продукты питания с содержанием трансжиров. К примеру, в Дании введен запрет на продукты с содержанием трансжиров более 2%. Схожие ограничения есть в законодательстве таких европейских стран, как Швейцария, Венгрия, Норвегия, Австрия [3, 5]. В России подобные ограничения не были установлены. Однако в ГОСТ 31648–2022 показатель «Массовая доля трансизомеров жирных кислот» был приведен в соответствие с данным показателем в ТР ТС 024/2011 и составляет не более 2%.

Кроме того, были введены новые показатели. Так, установлена норма для анизидинового числа, определяющего содержание альдегидов в ЗМЖ. Анизидиновое число увеличивается вместе с продолжительностью хранения или при несоблюдении условий хранения, а также в случаях длительной механической или температурной обработки. Данный показатель информативен и позволяет оценить качественные характеристики ЗМЖ даже в случаях, когда органолептические показатели не изменились [4].

В стандарте для полициклических ароматических углеводородов установлена норма показателя «Содержание бенз(а)-пирена», являющегося широко распространённым канцерогеном.

В разделе требования к сырью было добавлено подсолнечное масло, которое отсутствовало в ГОСТ 31648–2012. Подсолнечник является основной масличной культурой, повсеместно перерабатываемой в России. При этом отсутствие подсолнечника в перечне сырья в предыдущей версии стандарта затрудняло его применение производителями ЗМЖ. Также было сохранено нормирование массовой доли пальмитиновой кислоты с целью исключить использования в качестве сырья для ЗМЖ только пальмового масла.

Таким образом, введенный ГОСТ 31648–2022 устанавливает более детальные требования к качеству заменителей молочного продукта и позволяет повысить качество пищевой продукции с ЗМЖ.

#### Список литературы

1. Губанов Р.С. Совершенствование мер государственной поддержки производства молока в России // Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 9. С. 77-84.
2. Дайджест «Молоко»: производство молока в России в 2023 году достигло 33,5 млн т: URL: <https://specagro.ru/analytics/202401/daydzhest-moloko-proizvodstvo-moloka-v-rossii-v-2023-godu-dostiglo-335-mln-t>.
3. Европарламент призвал ввести законодательные ограничения на трансжиры в ЕС // Масложировая промышленность. 2016. № 6. С. 36

4. Капранчиков В. Новый ГОСТ на ЗМЖ – новый стандарт безопасности. URL: <https://clck.ru/3AYFhJ>. в составе пищевых продуктов. URL: <https://www.who.int/ru/teams/nutrition-and-food-safety/replace-trans-fat>.
5. План действий по глобальному отказу от использования трансжиров промышленного производства

#### Сведения об авторе

**Зяблицева Мария Анатольевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [zyabliceva.mariy@bk.ru](mailto:zyabliceva.mariy@bk.ru). ORCID 0000-0002-7141-4476,

**Кожина Анна Алексеевна** – студентка гр. ТПб-20-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [anyannev@mail.ru](mailto:anyannev@mail.ru)

---

УДК 378.1

**КАЧЕСТВО СОВРЕМЕННОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ:  
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ**

Питько О.А.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», Новосибирск

**Аннотация.** Данная статья анализирует актуальные проблемы, связанные с высшим образованием и поднимает вопрос использования информационных технологий в учебном процессе. В ходе исследования были выявлены сложности, с которыми сталкиваются современные системы высшего образования. Особое внимание уделено роли информационных технологий в преподавательском процессе.

**Ключевые слова:** образование, качество образования, современная педагогика, информационные технологии в образовании

С завершением эпохи постиндустриального общества и наступлением эпохи информационного общества человечество перешло на принципиально новый уровень своего развития. Все аспекты жизнедеятельности человека, так или иначе, стали связаны с высокотехнологичным производством. Процессы глобализации повлекли за собой стирание пространственно-временных границ и оказывают существенное влияние на мировую экономику и социальное взаимодействие. В таких условиях в качестве важнейшего ресурса социальной адаптации и благополучной самореализации для человека становится высшее образование. «Условия, сложившиеся в современном обществе, требуют формирования определённого типа личности выпускника – яркой, самобытной и непохожей на других» [2]. Более того, надлежащее качество высшего образования становится ключевым условием обеспечения национальной экономики каждого отдельно взятого государства, что, в свою очередь, является фактором повышения конкурентоспособности государства на мировом рынке, развивающемся в условиях цифровизации экономики, «и из-за этого специалисты по продвижению пользуются самыми высокоперспективными методами продвижения» [3].

Анализ публикаций современных авторов свидетельствует о том, что для отечественной системы образования проблема качества высшего образования отличается особой остротой и вот уже более десяти лет остаётся на пике внимания. Рассмотрим эту проблему с разных сторон.

Во-первых, внедрение федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования нового поколения. С момента принятия ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», запустившего процесс пересмотра образовательных

стандартов, ФГОС ВО подвергаются систематическому редактированию. Каждая новая редакция стандартов увеличивает количество требований к выпускнику и организации образовательного процесса в вузах при фактическом недостижении прежних целевых ориентиров.

С этим аспектом проблемы неразрывно связан второй аспект – кадровое обеспечение вузов. На сегодняшний день профессорско-преподавательский состав оказался в таких условиях, при которых значительную часть времени приходится затрачивать на деятельность, не связанную с обучением студентов. Прежде всего, это регулярное проведение разнообразных мониторинговых процедур и ведение плано-отчётной документации. Профессиональная деятельность преподавателей вузов чрезмерно бюрократизирована.

Для высокого качества преподавания педагогам необходимо постоянно повышать свою квалификацию, заниматься научно-исследовательской деятельностью, а для этого необходимы технические и материальные ресурсы, которых на сегодняшний день в российских вузах явно недостаточно. Для продвижения образовательной услуги необходимо «предоставлять максимально подробную информацию о своём продукте в социальных сетях, на сайте и так далее» [4].

Ещё один момент – это вопрос оплаты труда профессорско-преподавательского состава. Нынешний уровень вознаграждения преподавателей вузов за труд не соответствует тем значениям, которые способствовали бы заинтересованности преподавателей в продуктивной работе и позволяли им сосредоточиться на содержании образовательного процесса. Большинство преподавателей вузов вынуждены искать дополнительную работу, а совместительство неизменно сказывается на качестве выполнения ими основной работы.

А также несоответствие уровня подготовки выпускников требованиям работодателей. В последние годы очень активно обсуждается вопрос об участии работодателей в разработке профессиональных стандартов и практической подготовке студентов. Такой опыт уже имеется, однако до настоящего времени он не получил широкого распространения. «Для эффективной организации взаимодействия между бизнесом и вузом необходимо» [2] создавать технопарки и иные площадки для практической подготовки студентов.

Еще один момент – недостаточная учебная мотивация студентов. Несмотря на то, что в школах практикуется профильная подготовка и реализация специальных профориентационных образовательных курсов, выбор старшеклассниками будущей профессии, за редким исключением, не отличается осознанностью, основанной на внутренних интересах и способностях. Это обусловлено, главным образом, тем фактом, что поступление в вуз зависит от результатов ЕГЭ. Большинство абитуриентов подают заявки в несколько вузов одновременно и поступают в тот вуз, в котором прошли конкурс по количеству баллов ЕГЭ. Очевидно, что при таком положении дел во многих случаях получение высшего образования оказывается мало связанным с интересами, образовательными потребностями и возможностями поступающих.

И, наконец, ещё один важный аспект проявления проблемы качества высшего образования – это несоответствие фундаментальным основам идеи цифровизации современного образования.

Таким образом, качество высшего образования сегодня проявляется в следующих аспектах: недостаточная апробированность и адаптированность ФГОС ВО, чрезмерная бюрократизированность работы профессорско-преподавательского состава вузов, недостаточность государственной поддержки профессиональной деятельности преподавателей вузов, несоответствие результатов обучения требованиям работодателей, слабая мотивированность студентов на получение полноценного высшего образования, формальный подход к цифровизации высшего образования.

Для повышения качества современного образования одним из решений является активное внедрение информационных технологий в процесс преподавания.

Современный мир стремительно меняется, и одной из главных тенденций его развития является интеграция информационных технологий в различные сферы деятельности. Образование – не исключение. Информационные технологии (ИТ) значительно влияют на процесс преподавания, открывая

новые возможности и бросая при этом некоторые вызовы.

Актуальность темы заключается в том, что ИТ оказывают все большее влияние на сферу преподавания. Быстрый технологический прогресс приводит к развитию новых возможностей в образовании, которые необходимо исследовать и адаптировать для повышения качества обучения.

Влияние ИТ на преподавание проявляется в различных аспектах. Во-первых, использование современных инфотехнологий позволяет повысить интерес и доступность для студентов как процесс обучения в целом, так и учебных материалов. Они могут включать видеоуроки, интерактивные тесты, аудиоматериалы и другие форматы, которые помогают учащимся лучше усваивать знания.

Во-вторых, ИТ дает возможность преподавателям и студентам обмениваться информацией и сотрудничать в режиме онлайн. Это означает, что образовательный процесс может происходить без физического присутствия сторон, что особенно актуально в условиях пандемии или при обучении на расстоянии. Виртуальные классы, видеоконференции, платформы для обмена заданиями и обратной связи позволяют эффективно организовывать обучение и общение даже в случае удаленности участников.

В целом влияние ИТ на преподавание имеет достаточно много преимуществ. Ключевым является адаптация преподавателей и студентов к новым возможностям и инструментам, а также развитие соответствующих навыков и знаний. Это позволит университетам и другим образовательным учреждениям эффективно использовать ИТ для улучшения образовательного процесса и подготовки студентов к современной цифровой среде.

#### Список литературы

1. Лаухин В.М., Абдрахимов В.З. Применение информационных систем, компьютерных, цифровых технологий в образовании, государственных органах и отраслях промышленности // Экономика строительства. 2022. № 12. С. 21-29.
2. Питько О.А. Взаимодействие бизнеса и вуза в условиях подготовки специалиста по рекламе // Экономика и предпринимательство. 2023. № 3 (152). С. 1003-1006.
3. Питько О.А. Интернет-продвижение коммерческой организации на потребительском рынке // Экономика и предпринимательство. 2020. № 12 (125). С. 823-827.
4. Питько О.А. Особенности влияния лидеров мнений на потребительское поведение // Экономика и предпринимательство. 2021. № 11 (136). С. 1110-1114.
5. Шишалова Ю.С. Развитие института высшего образования в цифровой экономике: бизнес-модель университета завтрашнего дня // Beneficium. 2021. № 1 (38). С. 34-48.

**Сведения об авторах**

**Питько Ольга Александровна** – кандидат философских наук, доцент кафедры маркетинга, рекламы и связей с общественностью, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», г. Новосибирск. E-mail: pitko-olga@mail.ru. ORCID 0000-0001-6063-8514

---

УДК 376.1

## НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ У ДЕТЕЙ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Москвина А.Д.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме образования детей с ограниченными возможностями здоровья, которая заключается в поиске эффективных методов, приёмов и средств коррекции когнитивных функций, обеспечивающих всестороннее развитие и социализацию таких детей в обществе.

В работе рассмотрены основные аспекты развития когнитивных функций головного мозга у детей старшего дошкольного возраста с задержкой психического развития, выявлены особенности проявления данного нарушения. Автором обоснована эффективность воздействия нейропсихологических упражнений на развитие высших психических функций у детей старшего дошкольного возраста с задержкой психического развития и выделены основные принципы их применения в коррекционно-воспитательной работе.

**Ключевые слова:** коррекционно-воспитательная работа, дети с задержкой психического развития, когнитивные функции головного мозга, инновационные средства, нейропсихологические упражнения

В современном мире особое внимание уделяется проблеме обеспечения качественного воспитания детей с особыми образовательными потребностями. По статистическим данным количество детей с задержкой психического развития (ЗПР) ежегодно растёт, что делает вопрос их интеграции и адаптации в обществе актуальным. Данная категория считается одной из наиболее многочисленных среди детей с особыми образовательными потребностями. Эти показатели подчеркивают острую необходимость в своевременном проведении коррекционных мероприятий для успешного развития ребёнка, а также для предотвращения вторичных отклонений [7].

В процессе коррекционно-воспитательных занятий наблюдается возрастающая потребность в инновационных методах и средствах, которые могли бы повысить эффективность работы с детьми с ЗПР. Среди таких средств особое место занимают нейропсихологические упражнения.

Нейропсихологические упражнения представляют собой специализированное средство коррекции определённых когнитивных функций головного мозга. Они основаны на понимании того, как разные части мозга взаимодействуют и функционируют. Разработка таких упражнений началась во второй половине XX века и опиралась на теоретические и практические знания нейропсихологии, физиологии, неврологии и психологии. Основной вклад в развитие нейропсихологических упражнений внёс А.Р. Лурия. Ученый заложил теоретическую основу для понимания

управления когнитивными функциями и их восстановления после поражения.

При внедрении нейропсихологических упражнений в коррекционно-воспитательный процесс с детьми с ЗПР важно учитывать основные особенности когнитивных функций у воспитанников. Рассмотрим данный вопрос в двух аспектах: познавательной деятельности и развития личностной сферы.

К познавательной деятельности относятся: внимание, ощущение и восприятие, память (произвольная и механическая), мышление и речь [11].

Внимание характеризуется следующими особенностями:

- неустойчивостью, ведущей к снижению продуктивности, из-за которой возникают трудности в выполнении заданий;

- сниженной концентрацией, характеризующейся быстрой утомляемостью и трудностью сосредоточить свое внимание на определенной деятельности и процессе её выполнения;

- трудностями переключения внимания с одного вида деятельности на другую;

- повышенной отвлекаемостью, характеризующей тем, что ребенок не может полностью сконцентрироваться на учебном процессе из-за различных раздражителей, нарушающих его мыслительную и умственную деятельность [5, 6, 8].

Ощущение и восприятие также имеют ряд особенностей. Таким детям характерны недостаточность и фрагментарность знаний об окружающем мире. Кроме того, нарушены свойства восприятия, при которых ребенок затрудняется

определить предмет под другим ракурсом или с другой окраской и дополнительными элементами. Нарушена также целостность, при которой ребенок испытывает трудности в вычленении определенных элементов из целостного объекта или это может проявляться в трудностях достраивания объекта, если у него отсутствуют элементы [5]. Часто наблюдаются трудности в дифференциации левой и правой стороны, что сильно сказывается на графических навыках, письме, чтении и ориентировке в пространстве [11].

Непроизвольная память характеризуется сниженной познавательной активностью и нарушением запоминания необходимой информации. У детей с ЗПР наглядный материал запоминается лучше, чем вербальный [8].

Механическая память имеет определенные недостатки: намного больше необходимо попыток и времени для запоминания и заучивания материала; сниженный объем запоминания; низкий уровень продуктивности памяти [8].

Они часто сталкиваются с различными сложностями в процессе мышления, которые сильно влияют на обучаемость и социализацию [5]. При этом особенности мышления могут проявляться в виде:

- низкой познавательной активности, что свидетельствует о слабо развитой мотивационной сфере;

- трудностей с абстрактным мышлением;
- замедленного мышления [4].

У таких детей чаще всего нормальный уровень развития речи: ребенок понимает обращенную к нему речь и его речь понятна окружающим. Отсутствуют грубые нарушения в произносительной стороне речи и грамматическом строе. Отмечаются и положительные аспекты, например: ребенок может переключаться с непонятной, более сложной для его восприятия темы на более доступную; также хорошо развита ассоциативная сфера, ребенок легко подбирает ассоциации к определенному объекту или предмету.

При исследовании особенностей развития личностной сферы детей с ЗПР особое внимание уделяется специфике их эмоционально-волевой сферы: присутствует эмоциональная лабильность, слабость волевых усилий, несамостоятельность, повышенная внушаемость и инфантилизм. Происходит частая и резкая смена настроения, что негативно сказывается на общении со сверстниками и на обучении. Также детям сложно дифференцировать свои эмоции, они не различают их и тревожно реагируют на эмоции других, что приводит к возникновению эмоционального возбуждения. Им свойственно беспокойство и повышенная тревожность, они постоянно находятся в напряжении, что влияет на эмоциональный фон [8].

Тем самым понятие «задержка психического развития» включает в себя нарушение всех высших психических функций с акцентом на познавательной и эмоционально-волевой сферах, оказывающих негативное влияние на учебную деятельность ребенка.

Данное нарушение в развитии ребенка проявляется уже с ранних лет, но явные признаки можно заметить в процессе познавательной и учебной деятельности. Воспитанникам с ЗПР характерно наличие моторной неловкости, агрессии или, наоборот, чрезмерной пассивности, а также наличие нарушений в когнитивных процессах мозга, отсутствие познавательной мотивации и инфантилизм [9].

Наиболее важным периодом для выявления и коррекции нарушений у детей является период 5-6 лет, когда развитие высших мозговых функций идет наиболее интенсивно [2]. Высшие мозговые функции включают в себя когнитивные процессы, такие как память, внимание, мышление, речь [3]. Исследования показывают, что возраст 5-6 лет характеризуется повышенной пластичностью мозга, что делает этот период лучшим для нейропсихологического коррекционного воздействия [1].

В своем исследовании мы придерживаемся позиции, что проведение коррекционной работы у детей с ЗПР старшего дошкольного возраста с помощью нейропсихологических упражнений будет способствовать улучшению когнитивных процессов, личностных качеств, а также обеспечит их эффективную социализацию и успешное обучение.

Нейропсихологические упражнения – это специальное средство в нейропсихологической науке, направленное на стимуляцию и развитие когнитивных функций. Эти упражнения базируются на принципах нейропластичности, то есть способности нервной системы изменять свою структуру и функции в ответ на внешние раздражители [10].

Нейропсихологические упражнения могут включать в себя задачи на развитие всех высших психических функций:

- стимуляцию речевой активности;
- развитие творческих способностей;
- развитие коммуникативных навыков;
- обогащение словарного запаса;
- формирование пространственного восприятия;
- формирование математических представлений;
- развитие познавательных способностей;
- развитие логического мышления;
- снижение уровня психоэмоционального напряжения;
- развитие межполушарного взаимодействия.

Использование нейропсихологических упражнений в коррекционно-воспитательной ра-

боте с детьми с ЗПР основывается на нескольких принципах, таких как:

1. Индивидуальный подход. Подразумевает учет педагогом индивидуальных особенностей каждого ребенка, включая уровень его развития и индивидуальные, особые потребности.

2. Систематичность и последовательность. Регулярные и постепенно усложняющиеся коррекционно-воспитательные занятия, состоящие из комплексов нейропсихологических упражнений, постепенно развивают навыки ребёнка. Систематическое увеличение сложности упражнений повышает мотивацию и стимуляцию когнитивного развития.

3. Игровая форма. В старшем дошкольном возрасте ключевым видом деятельности является игра. Именно с её помощью можно добиться эффективности в коррекционном воздействии.

4. Оценка эффективности. Каждый комплекс нейропсихологических упражнений должен включать методы для оценки эффективности, предварительную и последующую диагностику. Это позволит обеспечить наилучшие коррекционные результаты.

Применение нейропсихологических упражнений в соответствии с вышеперечисленными принципами позволяет своевременно выявлять потенциальные возможности воспитанников и эффективно воздействовать на развитие когнитивных функций у детей старшего дошкольного возраста с ЗПР, способствуя их полноценному развитию.

Подводя итог, отметим, что нейропсихологические упражнения являются эффективным средством коррекции высших психических функций у старших дошкольников с задержкой психического развития, так как они направлены на развитие конкретных областей мозга и улучшение когнитивных функций, таких как внимание, память, мышление и речь.

#### Список литературы

1. Астапов В.М. Коррекционная педагогика с основами нейро- и патопсихологии : учебное пособие для вузов. 3-е изд. Москва : Юрайт, 2023. 161 с. (Высшее образование). URL: <https://urait.ru/bcode/516562> (дата обращения: 29.05.2024). ISBN 978-5-534-06932-7. Текст : электронный.
2. Бадалян Л.О., Бадалян Л.О. Невропатология : учебник. 7-е изд., испр. Москва : Академия, 2012. (Classicus). ISBN 978-5-7695-8593-7.
3. Веракса Н.Е., Веракса А.Н. История возрастной психологии. Детская психология : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Дошкольная педагогика и психология»; «Педагогика и методика дошкольного образования». М.: Академия, 2008. (Высшее профессиональное образование. Педагогические специальности). ISBN 978-5-7695-4757-7.
4. Власова Т.А., Певзнер М.С. О детях с отклонениями в развитии. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Просвещение, 1973. 175 с.
5. Донцов Д.А., Орлова Е.А., Сенкевич Л.В. Психология познавательных процессов : учебное пособие. 1-е изд. Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство ЮРАЙТ», 2019. 189 с. (Бакалавр. Специалист. Магистр). ISBN 978-5-534-06012-6.
6. Михальчи Е.В. Инклюзивное образование : учебник и практикум для вузов. Москва : Юрайт, 2023. 172 с. (Высшее образование). URL: <https://urait.ru/bcode/532044> (дата обращения: 29.05.2024). ISBN 978-5-534-16837-2. Текст : электронный.
7. Москвина А.Д., Москвина Е.А. О формировании математических представлений у дошкольников с ОВЗ // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 82-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск, 2024. С. 438.
8. Сунагатуллина И.И. Психология детей дошкольного возраста с нарушениями интеллектуального развития и задержкой психического развития : учебно-методическое пособие. Магнитогорск : МГТУ, 2017. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1890>. ISBN 978-5-9967-1071-3. Текст : электронный.
9. Тугулева Г.В., Яковлева Л.А. Основы специальной педагогики и психологии : учебное пособие. Магнитогорск : МГТУ, 2017. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1682>. Текст : электронный.
10. Филатова О.А. Нейропсихология детского возраста: теория и практика : учебно-методическое пособие. Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2022. 228 с. ISBN 978-5-7389-3479-7.
11. Чередникова Т.В., Веккера Л.М., Логвинова И.В. Проблемы психокоррекции когнитивного дефицита у детей с позиций общей теории психических процессов // Методология и история психологии. 2018. № 4. С. 64-72. DOI: 10.7868/S1819265318040064.

#### Сведения об авторах

**Москвина Александра Дмитриевна** – студентка гр. ИСО6-20-2, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: alex@mskvns.ru

УДК 51-77

## РОЛЬ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛИЗМА В РАЗВИТИИ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Курушбаева Д.Т., Муратова Ж.А.

НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Семей, Казахстан

**Аннотация.** Для улучшения использования трудового потенциала на современных предприятиях важным является не только развитие производственных процессов, совершенствование автоматизации, но и повышение уровня образования, влияющих на эффективность использования трудовых ресурсов, а значит, и повышение уровня профессионализма, влияющих на эффективность использования трудовых ресурсов. В статье обсуждается проблема образованности как фактора повышения уровня профессионализма трудовых ресурсов одного из регионов Республики Казахстан. Были проанализированы и оценены функции данных компонентов трудового потенциала в системе управления предприятием, а также сформулированы выводы и перечислены возможные пути решения проблемы повышения качества трудовых ресурсов.

**Ключевые слова:** трудовой потенциал, трудовые ресурсы, профессионализм, уровень образования, заработная плата, тарифный разряд, квалифицированный сотрудник, максимизация прибыли

Труд как всеобщее условие обмена веществ между человеком и природой, является вечным и естественным условием человеческой жизни. Необходимым же условием процесса труда является слияние работника со средствами производства. При этом работник рассматривается как человек, обладающий набором физических и духовных способностей к труду. Если говорить о главной производительной силе общества, то на данный момент ими являются трудовые ресурсы [1].

В данной работе с помощью математических методов исследуется уровень образования и профессионализма трудовых ресурсов на примере области Абай Республики Казахстан. Основополагающую роль в экономике области Абай играют обрабатывающая, лёгкая и пищевая промышленность. С января по ноябрь месяц 2022 года, по данным Департамента Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан по области Абай, объем производства составил 1060,4 млрд тенге. Это на 9,8% выше показателя за аналогичный период 2021 года [2].

В область входит 8 районов, 2 города областного значения, 2 города районного значения и 327 сел. Население на 1 января 2023 года составило 610,2 тыс. человек, городское население – 60,8%, сельское – 39,2%.

Согласно данным, в 2022 году среди населения в возрасте от 15 лет и старше:

- численность рабочей силы составляла 302,2 тыс. чел.;
- в местной экономике было занято 287,1 тыс. чел.
- уровень занятости - 63,6%.
- число безработных составило 15,1 тыс. чел.;
- уровень безработицы - 5,0%.

В формировании трудовых ресурсов, как и во всех других социальных процессах, активную роль играет возрастная структура населения.

Большую часть занятого населения региона составляет население в возрасте от 20 до 50 лет. Следует отметить, что население является достаточно молодым, и в будущем это положительно скажется на количестве трудовых ресурсов, потому как трудовые ресурсы в основном пополняются за счет молодежи. При этом гендерный состав рабочей силы в данном регионе имеет свои особенности.

Регион обладает рабочей силой, основанной на разнообразной экономике, включая сельское хозяйство и промышленность.

Однако рабочей силы не хватает, и наибольший кадровый голод сосредоточен в городе Семей. Всего в области Абай 262 предприятия заявляет о потребности в рабочей силе в размере 3 205 человек.

В то же время наблюдается безработица среди молодого населения. Это связано с отсутствием возможности получить высшее профессиональное образование, снижением качества образования и

неспособностью учебных заведений удовлетворить потребности современного рынка труда.

Отсутствие взаимосвязи между вузами и крупными предприятиями привело к дисбалансу между спросом и предложением рабочей силы в области Абай [3].

В условиях глобализации и формирования современной экономики на основе передовых информационных технологий главным ресурсом экономического роста и повышения благосостояния страны является ее образовательный потенциал. Таким образом, система развития человеческих ресурсов приобретает стратегическое значение и становится главным инструментом обеспечения высокой конкурентоспособности среди населения.

Однако критическая ситуация, в которой оказалась система специализированного профессионального образования Казахстана не является уникальной для постсоветского пространства. Связано это с двумя главными причинами:

- во-первых, долгое время технические и гуманитарные учебные заведения ориентировались исключительно на стандарты подготовки, установленные государством. При этом у будущего работодателя не спрашивали, специалиста с какими компетенциями он ожидает;

- во-вторых, заводы и предприятия стали частной собственностью, и взаимосвязь «вуз – производство» нарушилась.

Для решения этой проблемы в Республике Казахстан с 2017 года внедрена система дуального образования, которая одновременно готовит специалистов по двум направлениям: теория и практика.

Основная цель дуального образования – подготовка квалифицированных и компетентных выпускников, обладающих базовыми навыками для работы на производстве.

Особенно важной и необходимой задачей для современных и быстроразвивающихся предприятий является привлечение и обучение новых потенциальных сотрудников. Для работодателей главной целью является возможность на раннем этапе отбора и на начальных позициях обучения выявить наиболее подходящих и компетентных специалистов, которые в итоге войдут в основной коллектив и будут работать в команде, способствуя развитию организации. Считаем важным отметить, что такие программы помогают обеспечить обновление кадров и избежать застоя.

Управление человеческими ресурсами требует, прежде всего, разработки средств поддержки принятия решений, позволяющих отслеживать трудовой потенциал в динамике. Методы анализа трудовых ресурсов определяются социально-

экономическими процессами и производственными задачами. В процессе управления человеческими ресурсами руководители компании должны выбрать из всего многообразия компонентов наиболее приоритетные. Здесь важно, чтобы инструмент анализа давал возможность более качественно проанализировать трудовой потенциал каждого предприятия.

Образование признано одним из важнейших факторов роста эффективности труда. Английский ученый-экономист А. Маршалл отмечал, что затраты на образование – это лучшее помещение капитала для семьи и для общества [4].

Отражение и оценку компонентов трудового потенциала, таких как «образование» и «профессионализм», проведем на примере мясоперерабатывающего комбината города Семей.

Информация об уровне образования работников предприятия представлена в табл. 1. Динамика изменения уровня образования работников отражена изменением количества работников с различным уровнем образования по годам. Каждому из уровней образования присвоен балл: высшее – 4; среднее специальное – 3; среднее – 2; неполное среднее – 1.

Таблица 1

Данные об уровне образования работников мясоперерабатывающего комбината г. Семей

Уровень образования	Период		
	2021 год	2022 год	2023 год
Высшее образование	34,0	39,0	46,0
Среднее специальное образование	56,0	51,0	50,0
Среднее образование	5,0	10,0	6,0
Неполное среднее образование	1,0	1,0	1,0
Итого	95,0	101,0	103,0

Представленные в табл. 1 данные позволяют рассчитать коэффициент образовательного уровня работника по формуле

$$K_{ed} = \frac{\sum_{i=1}^k S_{ij} b_i}{S_j}, \tag{1}$$

где  $K_{ed}$  – коэффициент образовательного уровня работника за  $j$ -период;

$b_i$  – балл, соответствующий  $i$ -му уровню образования работника;

$S_{ij}$  – численность работников с  $i$ -м образовательным уровнем в  $j$ -м году;

$S_j$  – общая численность работников в  $j$ -м году;

$k$  – число периодов.

Согласно полученным данным, коэффициенты образовательного уровня составили: 2021 год – 3,28; 2022 год – 3,26; 2023 год – 3,36. Сравнение коэффициентов уровня образования по годам описывает динамику образовательного уровня сотрудников предприятия.

Обратимся к вопросу, на сколько вовлечение сотрудников в образовательный процесс соответствует целям компании.

Руководствуясь целью удержать персонал компании, существует риск потери сотрудников с более высоким уровнем образования, вызванный их уходом на более высокооплачиваемую работу. Следовательно, появляется необходимость стимулирования сотрудников и повышения их заинтересованности в продолжении трудовой деятельности на предприятии.

Опишем пути решения поставленной задачи [5-7]:

- заключение договоров, обязывающих работников в течение определенного периода (например, 3 года, 5 лет) осуществлять трудовую деятельность на предприятии после повышения их образовательного уровня;

- увеличение заработной платы и дополнительные выплаты работникам, повысившим образовательный уровень.

Если основная цель на предприятии – увеличение прибыли, то появляется необходимость проанализировать результаты труда как группы сотрудников, так и каждого сотрудника отдельно до и после получения ими новых дополнительных знаний.

Для улучшения уровня трудовых ресурсов предприятия необходимо повышение образовательного уровня сотрудников, для чего целесообразно создание корпоративной культуры, мотивирующей сотрудников к обучению. Это подразумевает поощрение обучающихся, создание условий для регулярного профессионального обучения и своевременную оценку результатов обучения таких работников.

Одним из способов обеспечения предприятий достаточным количеством квалифицированных сотрудников является, как отмечалось выше, эффективный отбор кандидатов на рабочие места.

Другим способом является подготовка и переподготовка кадров. Специализированная подготовка – подготовка, конкретно направленная на

обеспечение предприятия достаточным количеством сотрудников с профессиональными качествами, соответствующими производственным задачам предприятия. Программы обучения при этом должны составляться с учетом конкретных особенностей структуры персонала и актуальных задач его развития.

Основополагающими компонентами рабочей силы являются профессионализм сотрудников, а также уровень их квалификации.

Компонент «профессионализм» выражается в средней тарифной ставке сотрудников предприятия. В табл. 2 представлены данные по уровню квалификации работников мясоперерабатывающего комбината города Семей.

Коэффициент компонента «профессионализм» отражает средний тарифный разряд работников и рассчитывается по следующей формуле:

$$K_{prof} = \frac{\sum_{i=1}^k S_{ij} c_i}{S_j}, \quad (2)$$

где  $K_{prof}$  – коэффициент компонента «профессионализм» в  $j$ -м периоде;

$c_i$  –  $i$ -й тарифный разряд;

$S_{ij}$  – численность работников  $i$ -го разряда;

$S_j$  – общая численность работников в  $j$ -м году;

$k$  – максимальное значение ЕТС.

Таким образом, коэффициенты для компонента «профессионализм» по периодам составили: в 2021 году – 5,85; в 2022 году – 6,15; в 2023 году – 6,35.

Низкий коэффициент профессионализма в 2021 году связан с периодом пандемии, когда повышение уровня квалификации в последующие годы может быть следствием оттока низкоквалифицированных работников в период ухудшения условий работы предприятия, что, в свою очередь, привело к увеличению средней доли профессионально подготовленных сотрудников. Замещение высококвалифицированных работников низкоквалифицированными может быть следствием как текучести кадров, так и политики руководства предприятия. В последнем случае риск недостижения цели «сохранение трудового потенциала» существенно возрастает.

Таблица 2

Квалификационный уровень работников мясоперерабатывающего комбината г. Семей

Год	Количество работников данного тарифного разряда (по ЕТС), чел.																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2021	-	13	11	14	20	12	2	4	3	8	0	2	1	1	2	1	0	1	95 чел.
2022	-	14	13	15	18	13	3	2	2	8	2	3	2	1	2	2	2	1	101 чел.
2023	-	12	13	15	18	12	2	3	2	8	2	2	1	2	3	2	3	1	103 чел.

Анализ показывает, что за последние три года уровень профессионально-квалификационного потенциала предприятия вырос. Этот незначительный рост изначально был связан с резким сокращением численности работников в период 2020–2021 годы и нехваткой квалифицированных специалистов из-за отсутствия у предприятия финансовых возможностей поддерживать высокий уровень оплаты труда своих работников.

Хотя предприятие смогло адаптироваться к возникшим критическим условиям того периода, говорить о полном восстановлении пока рано.

Необходимо разработать меры, направленные на эффективное управление человеческими ресурсами. К таким мерам относятся возможности карьерного роста, формирование системы материального и нематериального стимулирования, обеспечение комфортных условий труда, повышение квалификации сотрудников и их самообразование.

Для обеспечения нормального функционирования деятельности предприятия оно должно комплексно управлять всеми своими составляющими, которые при системном взаимодействии

достигают определенных результатов в той или иной форме. Успешность достижения этих результатов зависит от основы трудовых ресурсов, то есть их потенциала.

#### Список литературы

1. Бережливое производство / Зинчик Н.С., Кадырова О.В., Растова Ю.И., Бездудная А.Г. М.: КноРус. 2022.
2. План развития области Абай. Источник <https://economy.kz/ru/Mnenija/id>
3. Бекбергенова Ж.Т. Современное состояние рынка труда в Казахстане: проблемы и тенденции // Молодой ученый. 2023. №16 (463). С. 106–108.
4. Самыгин С.И., Столяренко Л.Д. Менеджмент персонала. Ростов на Дону: Феникс, 1997.
5. Гуреева Е.Г. Управление трудовым потенциалом предприятия: учебное пособие. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.
6. Ревенко Н.Ф., Схиртладзе А.Г., Аристова В.Л. Организация, нормирование и стимулирование труда на предприятиях машиностроения. М.: Высш. шк., 2005.
7. Синк Д. Скотт. Управление производительностью: планирование, измерение и оценка, контроль и повышение. М.: Прогресс, 1989.

#### Сведения об авторах

**Курушбаева Динара Талгатовна** – магистр, старший преподаватель, НАО «Университет имени Шакарима города Семей», г. Семей, Казахстан. E-mail: sh\_din097@mail.ru. ORCID 0009-0007-8545-2194

**Муратова Жазира Ардаккызы** – магистр, преподаватель, НАО «Университет имени Шакарима города Семей», г. Семей, Казахстан. E-mail: razhanova1994@mail.ru. ORCID 0009-0004-2558-1814

УДК 620.179.118:620.164.2

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МИКРОТОПОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТИ ОЦИНКОВАННОГО АВТОЛИСТА

Белов В.К., Арцибашев С.В., Соколов Н.К.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** Определена жёсткая корреляционная связь между амплитудными, частотными и гибридными параметрами профилей шероховатости поверхности оцинкованного автолиста, получаемого при дрессировке в валках, которые обработаны электроэрозионным способом. И как следствие этого, показана невозможность данной технологии выпуска автолиста с параметром  $RP_c$  более 100 пиков на 1 см профиля. Даны рекомендации по решению этой проблемы.

**Ключевые слова:** шероховатость, параметры шероховатости, оцинкованный автолист, электроэрозионная обработка

Согласно современным стандартам микро-топографии поверхности [1-10] параметры шероховатости можно грубо разделить на три класса: амплитудные, частотные (пространственные), гибридные.

Амплитудные параметры 3D обозначаются буквами  $S$ , а соответствующие им 2D-параметры буквами  $R$ . Ранее амплитудных параметров было большое количество. Теперь этот список сокращён до семи:  $R_q$ ,  $R_{sk}$ ,  $R_{ku}$ ,  $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_z$ ,  $R_a$ . Наибольшая корреляционная связь должна наблюдаться между средним квадратическим значением ординат профиля  $R_q$  и средним арифметическим значением ординат профиля  $R_a$ . Для профиля поверхности с нормальным распределением ординат доказано теоретически жёсткое соотношение:

$$R_q = 1,25 \cdot R_a. \quad (1)$$

Меньшей, но достаточно существенной корреляционной связью с  $R_q$  будут обладать параметры  $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_z$  – средняя высота выступов, впадин и высота профиля соответственно. Параметры  $R_{sk}$ ,  $R_{ku}$  – коэффициенты асимметрии и эксцесса распределения ординат профиля нормируются на значения  $(R_q)^3$  и  $(R_q)^4$ , соответственно и потому их связь с параметром  $R_q$  близка к нулю.

Частотный (пространственный) параметр профиля шероховатости  $RSm$  – это средний размер элемента профиля, состоящего из сопряжённых выступов и впадины. Автопроизводители ввели ещё один параметр  $RP_c$  – число выступов профиля на единицу длины. Индекс  $c = \pm 0,5$  мкм указывает высоты двух горизонталей, выше и ниже которых определяются элементы профиля (рис. 1). В случае совпадения горизонталей эти

параметры жёстко связаны при одинаковых единицах измерения:

$$RP_{c=0} = \frac{1}{RSm}. \quad (2)$$

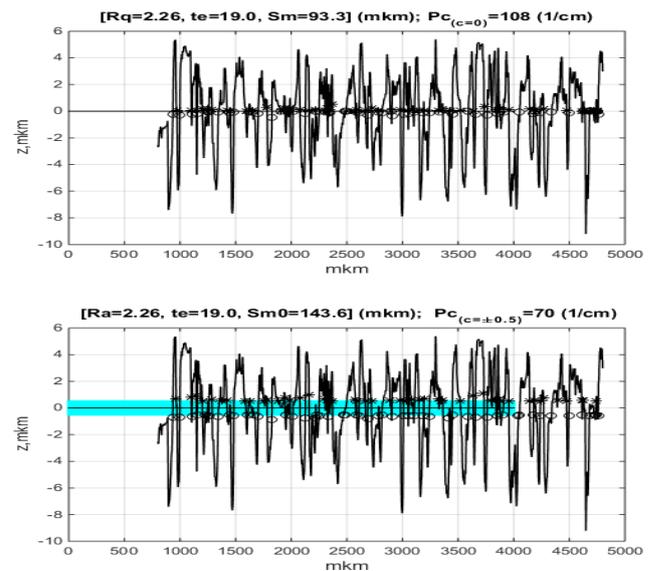


Рис. 1. К определению параметров  $RP_{c=0}$  и  $RP_{c=\pm 0,5}$  мкм

Гибридный 3D-параметр  $S_{dq}$  имеет свой 2D-аналог:  $R_{dq}$  – среднеквадратичный угол наклона микрограней профиля поверхности, и этот параметр комплексно описывают профиль поверхности как в вертикальном масштабе, так и горизонтальном.

Тангенсы углов наклона элементов профиля определяется с помощью операции свёртки окна с весовыми коэффициентами

$$b = (1, -9, 45, 0, -45, 9, -1) / 60 / d$$

с вектором значений ординат профиля. Здесь  $d$  – шаг дискретизации профиля. Тогда

$$R_{dq} = \sigma(z \otimes b). \quad (3)$$

При цифровой обработке сигналов считается, что знания амплитуд сигнала не характеризует его частоты. Сведения же функции спектральной мощности, то есть зависимости амплитудных значений сигнала от частоты, позволяет очень полно характеризовать сигнал. Для профиля шероховатости, как случайного сигнала, можно сделать в чём-то аналогичные утверждения. Отдельные знания амплитудных и частотных характеристик профиля менее интересны, чем сведения гибридных характеристик.

Наличие или отсутствие корреляционной связи между вышерассмотренными параметрами во многом зависит от технологии обработки поверхности.

В данной работе исследованы корреляционные связи параметров микротопографии оцинкованного автолиста, производимого на ПАО «ММК». Последний вид обработки поверхности такого листа осуществляется в дрессировочных станках, поверхность рабочих валков которых текстурируется электроэрозионным способом.

Для анализа было взято более 58 разных образцов оцинкованного автолиста. Профиль шероховатости выделялся с помощью высокочастотного фильтра со стандартным параметром  $\lambda_p = 2,5$  мкм и низкочастотного фильтра с параметром  $\lambda_c = 800$  мкм с шагом дискретизации  $d = 0,5$  мкм. Точки на всех графиках соответствуют средним значениям параметра по 10 трассам оценки. Все профили обработаны стандартным низкочастотным фильтром с параметром  $\lambda_c = 800$  мкм при длине трассы 5,6 мм.

Результаты исследования показали следующее. Высокая корреляционная связь  $R_q$  и  $R_a$  (рис. 2) во многом объясняется соотношением (1).

График на рис. 3 подтвердил ранее полученные результаты, которые использовались для создания патента по технологиям электроэрозионной обработки поверхности рабочих валков дрессировочных станков [11-15].

Наибольший интерес вызывает исследование корреляционных зависимостей гибридных параметров микротопографии поверхности. Гибридный параметр  $R_{dq}$  (средний угол наклона микро-сегментов профиля шероховатости) определяет множество эксплуатационных свойств поверхности (трение, свариваемость, адгезия покрытия и т.д.). График на рис. 4 показывает, что его можно определять тремя способами:

1) либо с помощью операции свёртки (см. формулу (3));

2) либо с помощью параметров  $RP_c$  и  $R_q$  (рис. 4);  
3) либо самым простым способом, используя зависимость графика на рис. 5.

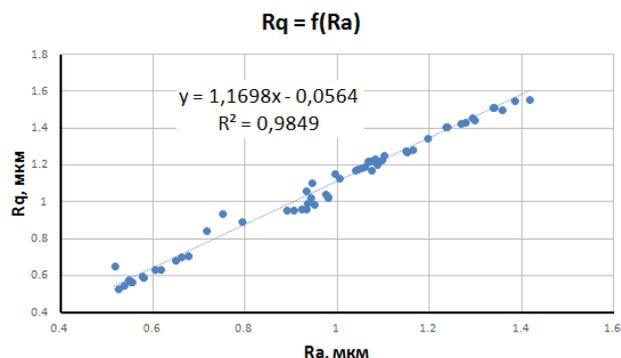


Рис. 2.  $R_q = f(R_a)$

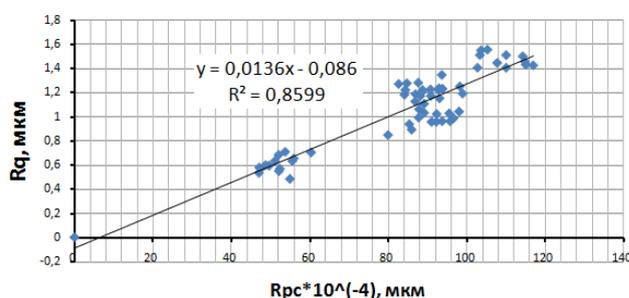


Рис. 3.  $R_q = f(RP_c)$

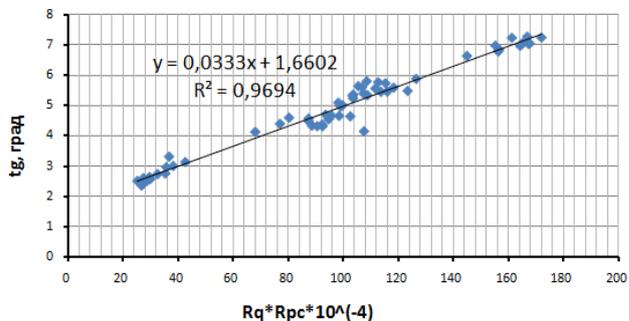


Рис. 4.  $R_{dq} = f(RP_c \cdot R_q)$

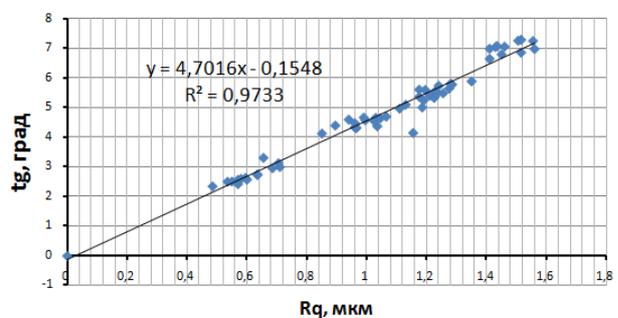


Рис. 5.  $R_{dq} = f(R_q)$

Но следует заметить, что первый способ можно использовать при любом виде обработки поверхности, а второй и третий можно использовать только при эрозийной подготовке.

Также дополнительно были проведены исследования другого гибридного параметра  $R_{rad}$  – радиуса кривизны микросегментов профиля шероховатости. Они также корреляционно связаны с параметрами  $RP_c$  и  $R_q$  (рис. 6, 7), но эта связь слабее, чем у параметра  $R_{dq}$ .

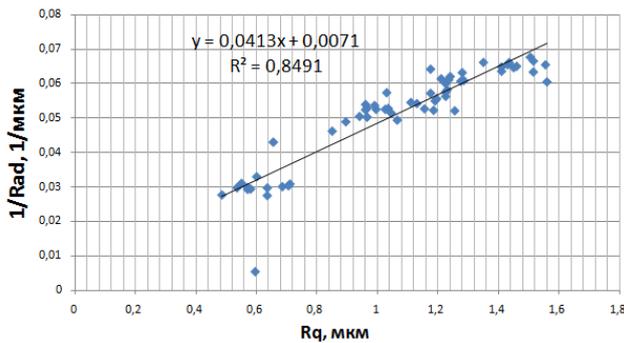


Рис. 6.  $1/R_{rad} = f(R_q)$

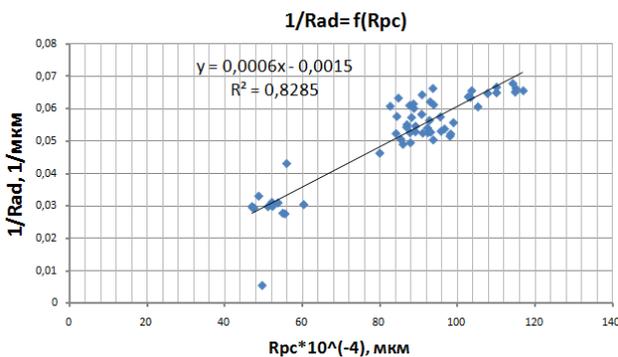


Рис. 7.  $1/R_{rad} = f(RP_q)$

**Вывод.** Казалось бы, следует радоваться мощным корреляционным связям рассматриваемых выше параметров. Однако это указывает на фундаментальный недостаток электроэрозионной обработки поверхности рабочих валков. Потребитель автолиста требует микротопографию поверхности с параметром  $R_q$  в диапазоне 0,5–1,5 мкм, но с числом пиков на 1 см значительно большим, чем 50–120. Обнаруженные здесь жёсткие корреляционные связи параметров (см., например, рис. 3) указывают, что такую задачу невозможно решить с помощью существующей современной электроэрозионной установки. Следует рекомендовать для решения этой проблемы использование лазерного способа обработки поверхности вала.

## Список литературы

1. Особенности использования 3D-топографических характеристик поверхности в инженерном деле / Белов В.К., Беглецов Д.О., Губарев Е.В., Денисов С.В., Дьякова М.В., Смирнов К.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова 2014. №1 (45). С. 73-80.
2. Белов В.К., Понамарёва М.В. Новый подход к регламентации микротопографии поверхности холоднокатаного листа с использованием современных 3D-параметров // Бюллетень «Чёрная металлургия». 2012. №5. С. 46-55.
3. Белов В.К. Требования к микротопографии поверхности листовой продукции и возможности металлургической промышленности — прошлое, настоящее, будущее. Ч. 1. Требования заказчика и возможности технологии в настоящее время. 2D-параметры микротопографии // Бюллетень «Черная металлургия». 2015. №7. С. 73-81.
4. Белов В.К. Требования к микротопографии поверхности листовой продукции и возможности металлургической промышленности — прошлое, настоящее, будущее. Ч. 2. 3D-параметры микротопографии, их связь с эксплуатационными свойствами листа. Новые разрабатываемые 3D-параметры микротопографии поверхности и перспективы их использования // Бюллетень «Черная металлургия». 2015. №7. С. 51-59.
5. Thomas T. (2008) Fractals and structure functions in the characterization of surface roughness, Proc. 22nd Int. Conf. Surf. Mod. Tech., Trollhattan.
6. Whitehouse D. (2011) Handbook of surface and nanometrology, 2nd edition, CRC Press, ISBN 9781420082012.
7. ISO 21920-2:2021: GPS - Surface texture: Profile. Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters.
8. Белов В.К. Профили поверхности. 3-е изд. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2010. 260 с.
9. Белов В.К. Параметры шероховатости поверхностей и их контроль: учеб. пособие. Магнитогорск. МГМИ, 1990. 54 с.
10. Белов В.К., Губарев Е.В. Физика поверхности. Определение 2D-параметров микротопографии поверхности: практикум. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 47 с.
11. Влияние электроэрозионно-обработанных рабочих валков дрессировочного стана на микротопографию поверхности проката / Бодяев Ю.А., Горбунов А.В., Радионов А.Ф., Белов В.К. и др. // Сталь. 2006. №5. С. 90–94.
12. Пат. на изобретение RU 2533243 с2 / Ласьков С.А., Горбунов А.В., Жумаргалиев Н.И., Белов В.К., Александрова Е.В. Способ текстурирования поверхности рабочего вала листопрокатной клетки после шлифования с обеспечением получения регламентированных параметров шероховатости поверхности. 2014.
13. Особенности производства листовой продукции с регламентированной микротопографией поверхности / Белов В.К., Беглецов Д.О., Дьякова М.В., Горбунов А.В. // Сталь. 2014. №4. С.53-60.

14. Белов В.К., Беглецов Д.О. Моделирование процессов формирования микротопографии поверхности при электроэрозионной обработке // Физика и химия обработки материалов. 2014. №4. С. 20-27.
15. Комплексное исследование микротопографии поверхности холоднокатанного и оцинкованного проката с помощью современных 3D-критериев / Белов В.К., Дьякова М.В., Ласьков С.А., Горбунов А.В. и др. // Сталь. 2013. №11. С.36-41.

#### Сведения об авторах

**Белов Валерий Константинович** – кандидат физико-математических наук, руководитель НИЦ «Микротопография МГТУ», ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: belovalkon@mail.ru. ORCID 0000-0003-2550-338,

**Арцибашев Сергей Вячеславович** – магистрант гр. зоМм-23-3, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: fractal5.sa@gmail.ru

**Соколов Никита Константинович** – студент гр. ТФб-22, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

---

УДК 372.853

## ВАЖНЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Жемчужников Д.Ю.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** В статье рассматривается совокупность наиболее важных аспектов определенных методик преподавания физики, основной целью которых является развитие логического мышления обучающихся, развитие памяти и воображения, овладение знаниями, воспитание самостоятельности и чувства уверенности, а также методы и средства повышения интереса к изучению физики. Описанные приемы ведения урока и подачи материала становятся для педагога инструментом владения вниманием слушателей и собственным взглядом на исследование, а для учеников – запоминающимся опытом и интересными занятиями в школе.

**Ключевые слова:** методика преподавания физики, методика решения задач по физике, дедуктивный метод в физике, физическая задача

Для повышения внимания на уроке со стороны учеников преподавателем может быть использован нестандартный способ ведения занятия – демонстрация коротких физических и химических явлений, занимающих время порядка нескольких секунд. Важным аспектом здесь является то, что эти демонстрации проводятся перед началом урока либо параллельно с преподаваемым материалом при их тематической гармоничности. Например, на уроках раздела термодинамики при рассмотрении понятия количества теплоты учитель может продемонстрировать сгорание нитроцеллюлозы на собственной ладони. Нестандартным это делает тот факт, что ученикам не сообщается заранее о демонстрации, не рассказывается принцип данного явления, что с их стороны будет являться загадкой, интригой. Такой «фокус» привлечет внимание к изучению материала, который, возможно, даст им ответ на вопрос «что продемонстрировал учитель и как он это сделал?».

Противоположным примером может стать демонстрация взаимодействия магнитного поля с ферромагнетиком, при этом рассматривая второй закон Ньютона в разделе динамики. В этом случае нестандартность проявляется отсутствием объяснения движения предмета при видимом отсутствии воздействия на него, однако в разделе электродинамики эту демонстрацию учитель может повторить, что откроет завесу тайны над этим явлением. Такой пример с легкостью может послужить ученикам мотивацией к объяснению таких коротких демонстраций самостоятельно или с по-

мощью родителей, что также повысит интерес к изучению физики.

Очевидно, что успешное ведение урока полностью зависит от преподавателя. Заложенные принципы, основанные на упрощении, разбиении закона или явления на его составляющие, применение дедуктивного метода для составления взаимосвязей, использование практических доказательств, открытость направлений для способов решения задач, а также повышение уровня вовлеченности в процесс обучения являются инструментами, в первую очередь, педагога. Важными требованиями к учителю выступают следующие: быть центром внимания и быть полностью вовлеченным в процесс. Первое выражается в умении задавать в голосе нужную интонацию, гармонично передвигаясь по классу и демонстрируя мультимедийный материал и короткие завораживающие опыты – проще говоря, взять на себя в «театре науки» главную роль, однако это вовсе не означает вести материал исключительно в развлекательном жанре. Второе, но не менее значимое, требование выражается в стимулировании педагога к своей работе. Главный вопрос «для чего это нужно?», задаваемый не учениками, а педагогом самому себе, является определяющим показателем в достижении положительного результата обучения и его дальнейшей деятельности в целом.

Одним из основных методов в преподавании физики в достаточной мере может считаться метод дедукции, строящийся на принципе мышления «от частных – к общему». Способов его применения достаточно много, одним из ярчайших примеров является использование учениками метода решения задач путем перебора всех формул, которые они знают по конкретной теме, используя

емых для решения локальных задач. Такой способ решения задач раскрывает лишь принцип дедуктивного метода, однако он недостаточно эффективен, поскольку для решения задач подобным способом необходимо понимать, из какого раздела физики конкретная задача, что зачастую не берется во внимание школьниками при ее решении. Схожие между собой обозначения физических величин могут быть применены ошибочно, вследствие чего получается неверное решение: например, в механике существуют тангенциальная и нормальная составляющая скорости, а из-за схожести для учеников смысла этих величин теряются их отличительные черты (индексы), поэтому разграничить их и применить правильно в задаче бывает затруднительно; в электродинамике сила Лоренца и Ампера тоже обозначаются через одну и ту же букву «F», однако по той же причине эти силы ученики также легко могут перепутать. Такой способ, конечно, позволяет закрепить общее заучивание формул, однако результативность в решении задач приносит далеко не всегда. Суть применения дедуктивного метода в решении задач будет рассмотрена ниже.

Решение задачи начинается с трех основных вопросов, которые задаются учеником непосредственно при решении физической задачи. Первый вопрос «почему?» является пониманием области или раздела задачи. Этот вопрос содержит в себе структуру метода исследования ключевых ситуаций [3]. Реализация этого метода заключается в определении области исследования и попытке воспроизведения процесса, описываемого в задаче, в реальности или представления его в воображении.

Строгое следование методике требует проведения эксперимента, однако для понимания процессов термодинамики или квантовой механики, конечно, возможно применение компьютерных моделей, видеозаписей и иллюстраций для лучшего понимания условия задачи и ответа на вопрос учеников «что происходит в задаче и почему?». Чаще всего, сложности возникают именно на первом этапе, когда ученики, еще не до конца осознающие природный мир, который преподаватели учат их исследовать, должны решать задачи, используя свое воображение, при этом даже не представляя, что же они делают. Доступность понимания задачи позволит делать более уверенные шаги в ее решении и закреплении материала.

Вопрос «почему?» должен привести к пониманию того, почему мы выбираем именно эти разделы физики при разборе проблемной ситуации, почему мы решаем пользоваться именно этими законами, почему вообще происходит то, что описано в задаче (выстроена ли задача логи-

чески верно). Более ясное понимание ситуации позволит ученикам легче определять, что будет исследоваться в конкретной задаче, ведь явление перемещения проводника в электромагнитном поле можно рассматривать как через призму электродинамики, так и через область динамики (раздела механики) – все зависит от условий и вопросов, что преподаватель и должен научить учеников определять самостоятельно. Согласно такому подходу, ответ на вопрос «почему?» при составлении макета, рисунка, модели явления, описываемого задачей, у учеников не должно возникнуть сомнений в правильности собственных рассуждений, поскольку все «почему?» подкреплены достаточными основаниями и однозначно взаимосвязаны друг с другом и составляют непротиворечивую модель условия задачи.

Второй вопрос «с чем связано?» задается учениками под элементами задачи, и механизмом воспроизведения задачи, основных её законов и формул служит вспомогательный дедуктивный метод. Он разбивает каждый вопрос и задачу на отдельные элементы, из которых впоследствии и создается целостная картина, имеющая ясное, а главное, верное толкование происходящего. Такой результат обычно пытаются достигнуть, неоднократно перечитывая условие задач, однако далеко не все обучающиеся могут воспринять информацию с бумаги со второго, третьего, а то и четвертого раза. Поэтому преподаватель должен научить детей выстраивать логические цепочки событий из условий задачи. Конечно, в физике иногда можно наткнуться на такие вопросы, которые вовсе не направлены на знание физики, а например, вопросы, относящиеся к математике. Однако здесь будут рассматриваться только те вопросы, которые напрямую связаны со знанием физики.

Итак, для формирования логических цепочек в сознании обучающихся, прежде всего, необходимо научить их находить отдельные фрагменты ситуации, описанные автором задачи. По этим фрагментам ученики будут определять их взаимосвязь в задаче, а также ставить свои собственные вопросы для каждого из них, что (по их мнению) позволит приблизиться к решению задачи. Описанная последовательность рассуждений определяет структуру ответа на вопрос «с чем связано?». Следует отметить, что каждый элемент задачи может быть связан с определенным законом, явлением и, в конце концов, формулой, которая и будет нужна для решения задачи и для ответа на ее вопрос. Определение взаимосвязи элементов задачи позволит воссоздать отдельные процессы, а впоследствии и весь процесс, описанный в задаче.

После нахождения всех фрагментов и определения достаточных вопросов необходимо воспро-

известить полученный процесс в реальности (если это возможно) или представить мысленно. Порой, при попытке решить проблемную ситуацию по представленному автором условию, имеет место быть недостаточность начальных условий. Поэтому после понимания, что происходит в задаче, и постановки определяющих вопросов с помощью дедукции удастся восстановить недостающие элементы, которые и будут служить вспомогательными материалами для нахождения ответа (например, табличные значения либо численные значения физических постоянных). Иногда такими недостающими элементами являются производные от известных начальных условий, которые необходимо определить дополнительно, либо это может быть скрыто геометрическим или математическим соотношением, которое выявляется при иллюстрации условия. Разбиение задачи на компоненты, определение их значимости и их функций в задаче позволяет определить «проблемные» места, которые имеют под собой дополнительные вопросы, и, ответив на них, становится возможным получить новые подсказки к решению. Следование от частных к общему даст ответ на вопрос задачи. В настоящее время подобное требование существует в заданиях единого государственного экзамена (ЕГЭ), когда необходимо выполнить решение системы уравнений в общем виде, преобразование физических формул путем подстановки величин, выраженных из других уравнений системы, в итоге получить искомую величину.

Разумеется, чем сложнее разделы, чем объемнее задачи, тем сложнее разбирать их подобным способом, однако этот механизм будет отрабатываться самостоятельно и значительно быстрее, когда ученики будут готовы к решению сложных задач. Предполагается, что овладение дедуктивным мышлением для решения задач в дальнейшем позволит его применять более качественно и быстро, то есть за короткое время находить из всех элементов задачи ключевые и недостающие, делая спектр задач все шире и шире. В конце концов, имея исчерпывающую информацию, подкрепленную множественными взаимосвязями, ученик определяет только то, что позволит прийти к ответу, отбросив лишнюю информацию, сужая диапазон явлений в задаче. Такие сложные задачи, например, старшей школы или вуза [4, 5] предполагают владение описанным навыком, поскольку зачастую затрагивают сразу несколько разделов, а также имеют междисциплинарные связи, что в средней школе, в частности 7-8 класса, наблюдается не часто.

Третий вопрос «как?» определяет способ решения задачи, выбор направления и пути, по которому она будет решена. Основываясь на лич-

ностно-гуманитарной парадигме [2], учитель сам по себе является направляющим вектором, не позволяющим направить мысль ученика в ложную сторону. Иными словами, отсутствует точная трактовка действия, точный алгоритм, который является требованием к решению. Сами по себе алгоритмы и подсказки – неотъемлемая часть обучения, которая не исчезает из общей концепции, они лишь теряют твою требовательность, когда ученик может найти ответ на вопрос, не используя предложенный алгоритм, при этом четко следуя научным законам. Каким образом ученики захотят разрешить ситуацию, как они будут перебирать всевозможные способы, инструменты, формулы, приборы и др. – это и является поиском ответа на вопрос «как?».

Возможность ученика следовать своей интуиции, получая собственный ответ, определенный собственным выбором, повлияет на уверенность в решении вопросов, воспитает самостоятельность в принятии выбора, а главное, избавит от обычного страха перед возникающими проблемными ситуациями, задачами и вопросами. Главное в личностном подходе – получение верного результата. Несколько учеников могут прийти к ответу за разное количество действий или, используя законы в разном порядке, – такое явление не должно пресекаться учителем, если в итоге получен верный ответ.

Оценочным действием учителя вполне может быть подсказка более быстрого пути решения задачи, либо же уникального решения, которое не нашел ни один из учеников. К примеру, бывают задачи, где можно найти ответ лишь знанием законов физики, но точно так же правильный ответ можно получить, используя лишь несколько законов геометрии, проходя все соотношения по ее правилам, что демонстрирует ученикам нестандартность мышления, доказывает, что существуют задачи, в которых верный ответ можно получить несколькими способами, используя не только то, что преподается по программе на уроках физики, но и на других школьных предметах.

Таким образом, отвечая на три ключевых вопроса «почему?», «как связано?» и «как?», обучающимися закрепляется материал, полученный при изучении программы, а также они уверенно используют знания. Следствием выступает развитие у учащихся интереса к разрешению проблем, а также интерес к самостоятельному составлению условий задач, например, в качестве вопросов родителям или преподавателю внеурочное время. Успешные поиски ответов на вопросы формируют позитивный настрой на решение проблемных ситуаций и вопросов и, в дальнейшем, при освоении учебной программы.

**Список литературы**

1. Белов Ф.А. Тенденции развития методики преподавания физики // Паритеты, приоритеты и акценты в цифровом образовании: сборник научных трудов. В 2-х ч. Саратов, 2021. С. 100-104.
2. Данильчук В.И. Гуманитаризация физического образования в средней школе (личностно-гуманитарная парадигма). СПб. – Волгоград: Перемена, 1996. 185 с.
3. Нерода А.А. Метод исследования ключевых ситуаций как фундаментальная составляющая обучения решению задач по физике [Электронный ресурс] // Проблемы и перспективы современного образования: практика вуза и школы: материалы VII Международной очно-заочной научно-практической конференции. Ч. 2. 2023. Режим доступа: <https://infed.ru/articles/1396/> (дата обращения 03.06.2024).
4. Плугина Н.А. Особенности работы со студентами первого курса, имеющими разный уровень подготовки по физике // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 78-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск, 2020. С. 127.
5. Плугина Н.А. Проектирование образовательной деятельности студентов на занятиях по физике // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск, 2019. С. 112.

**Сведения об авторах**

**Жемчужников Дмитрий Юрьевич** – студент гр. ТФм-23, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: [Zhem-dmitrij@bk.ru](mailto:Zhem-dmitrij@bk.ru). ORCID 0009-0004-0636-3715

УДК 530.145+519.623

## ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОЙ И КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЙ ВОЛНОВОЙ ФУНКЦИИ ФОТОНА В ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ОДНО- И ДВУХФОТОННОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО И СФЕРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Файзрахманов Н.Р.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

**Аннотация.** По результатам мысленного эксперимента по осуществлению опыта Юнга на основе численного моделирования при использовании шестикомпонентной волновой функции фотона (ВФФ) для направленного излучения и однокомпонентной ВФФ для сферически-симметричного излучения построенные графики распределения плотности вероятности наглядно отображают типичную интерференционную картину. Полученные графики для взятых моментов времени наблюдения интерференционной картины в 30,2 и 32,2 пикосекунд для направленного и сферически-симметричного излучений имеют явные сходства по расположению максимумов-минимумов, а также демонстрируют схожее расплывание волнового пакета.

**Ключевые слова:** волновая функция фотона, волновой пакет, квантовая механика, координатное представление, корпускулярно-волновой дуализм, однофотонная интерференция, плотность вероятности

С развитием изучения дисциплины фотоники, решением и образованием новых проблем в физике, связанных с рассмотрением и применением фотонов, возникает необходимость описания и предсказания движения, а также обнаружение отдельного фотона. В связи с чем возникает необходимость в формировании математического аппарата для решения обязующихся новых задач по изучению фотона. Одна из таких задач – определение местоположения фотона в пространстве, возможность прогнозирования его траектории движения, описание поведения фотона в том или ином взаимодействии.

В работах [1-5] поднимается данный вопрос и предпринимаются шаги по решению поставленных задач. Одним из таких шагов является формулирование волновой функции фотона в координатном представлении с дальнейшей проверкой представленной функции на предмет явления интерференции при проведении мысленного эксперимента по численному моделированию однофотонной и двухфотонной интерференции на примере опыта Юнга.

В работах [1-5] приведено получение волновой функции фотона направленного излучения в координатном представлении (1) для двух случаев – фотона с положительной энергией, а также для фотона с гипотетически предполагаемой отрицательной энергией, о чём свидетельствуют соответствующие знаки в индексах:

$$\Psi^{(\pm)}(r \vec{r}, t) = \int b(k, \pm 1) \frac{e_{\pm 1}(k)}{(2\pi)^{3/2}} e^{i(kr \mp kct)} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} d^3k + \int [b(-k, \mp 1)]^* \frac{e_{\mp 1}(k)}{(2\pi)^{3/2}} e^{i(kr \mp kct)} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} d^3k. \quad (1)$$

В соответствии с формулой (1) в работах [1-5] выводится формула по определению плотности вероятности (2) обнаружения фотона в заданной координате.

$$\rho_P^{(\pm)} \vec{r}(k) = |b(k, \pm 1)|^2 + |b(-k, \mp 1)|^2 = \sum_{\lambda} |b(k, \lambda)|^2. \quad (2)$$

Представленные формулы (1) и (2), необходимые для описания направленного излучения через квантово-механическую ВФФ, в работах [6, 7] были преобразованы и применены для возможности описания сферически-симметричного излучения. С целью определения наличия интерференционной картины по результатам проведения мысленного эксперимента по численному моделированию одно- и двухфотонной интерференции «квазиклассической» ВФФ на примере опыта Юнга.

В результате проведения преобразований представленной волновой функции фотона, описываемых в работах [1-7], была получена координатная ВФФ для описания сферически-симметричного излучения для «квазиклассического» случая:

$$\Psi_{quasi}^{(sph)}(r, t) = \sqrt{1 / 2\pi r^2 c\tau \sqrt{2\pi}} \times \exp\left[-(t - r / c)^2 / \tau^2 - ik_0(ct - r)\right]. \quad (3)$$

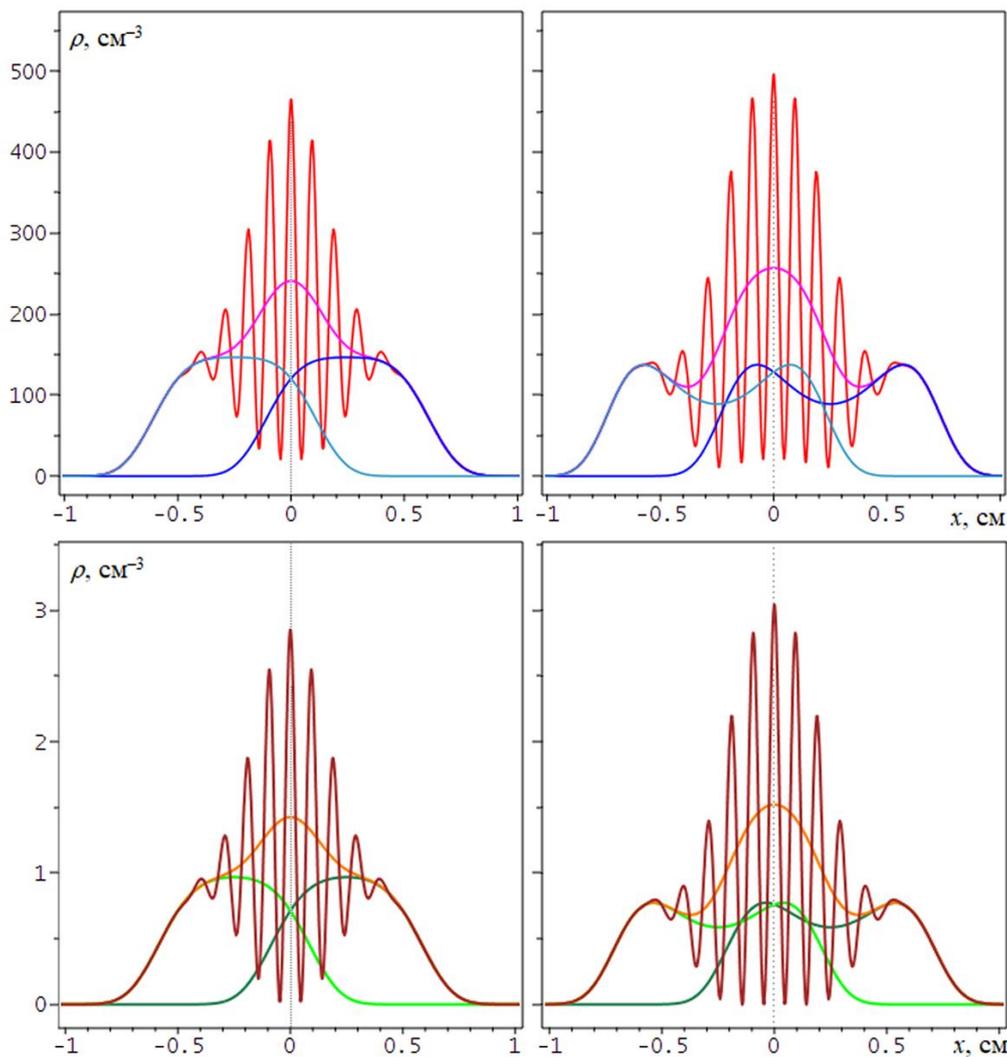
Соответственно, для данного случая также необходимо определять и плотность вероятности обнаружения фотона (4), которая была сформулирована на основе (2)

$$\rho_{quasi}^{(sph)}(r, \theta_r, t) = \left|\Psi_{quasi}^{(sph)}(r, t)\right|^2 = 1 / (2c\tau\pi\sqrt{2\pi}) \exp\left[-2(t - r / c)^2 / \tau^2\right] / r^2. \quad (4)$$

Основываясь на приведённой координатной фотонной волновой функции для описания направленного излучения и сферически-симметричного излучения, а также соответствующих формулах плотности вероятности обнаружения фотона, был проведён мысленный эксперимент

на примере опыта Юнга по численному моделированию одно- и двухфотонной интерференции. Мысленный эксперимент проводился для фотонов, длина волны которого составляла 0,05 см, излучение испускалось в течение 4 пикосекунд, источники излучения были независимыми друг от друга, располагаясь на расстоянии 0,5 см по отношению друг к другу, соответственно от условного центра источники располагались на расстоянии 0,25 см, имитируя прохождение фотоном двух щелей, по аналогии с двухщелевым экраном в опыте Юнга, расстояние от источников до экрана составляло 0,906 см. Регистрация излучения происходила в момент времени, равный 30,2 и 32,2 пс.

По результатам проведенного численного моделирования были составлены графики, представленные на рисунке.



Графики распределения плотности вероятности  $\rho$  в зависимости  $x$  на экране для направленного излучения (верхний ряд) и сферически-симметричного (нижний ряд) для моментов времени 30,2 пс и 32,2 пс соответственно

Результаты численного моделирования, отображённые в графиках на рисунке, демонстрируют явное совпадение полученной интерференционной картины для направленного и сферически-симметричного излучений. Максимумы и минимумы, в интерференции в опыте Юнга называемые чёрными и белыми полосами, располагаются с достаточным совпадением для направленного и сферически-симметричного излучений, с главным максимумом в центре экрана, соответствующему 0 на координатной прямой  $x$ . Наиболее заметное отличие проявляется в значении плотности вероятности обнаружения фотона, где максимальное значение для направленного излучения почти достигает  $500 \text{ см}^{-3}$ , когда сферически-симметричное излучение даёт максимум, близкий к  $3 \text{ см}^{-3}$ , но при этом сохраняется общий, совпадающий вид интерференционной картины.

Проверка волновой функции фотона, представленной в работе [1], на проявление интерференции при проведении численного моделирования одно- и двухфотонной интерференции на примере опыта Юнга для квантово-механического и «квазиклассического» случаев с направленным и сферически-симметричным излучением показывает сходство интерференционной картины. Что даёт интерес к проверке данного сходства при моделировании волновой функции фотона в электрическом дипольном приближении [8].

#### Список литературы

1. Давыдов А.П. Волновая функция фотона в координатном представлении: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 180 с.
2. Давыдов А.П., Злыднева Т.П. Интерференция электромагнитных волн с точки зрения волновой функции фотона в координатном представлении // Электромагнитные волны и электронные системы. 2018. Т. 23. № 8. С. 27–40.
3. Davydov A.P., Zlydneva T.P. The Modeling of the Young's Interference Experiment in terms of Single-photon wave function in the coordinate representation // Proceedings of the IV International research conference "In-formation technologies in Science, Management, Social sphere and Medi-cine" (ITSMSSM 2017) [Электронный ресурс]. Tomsk: Atlantis Press, 2017. P. 257–265. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/itsmssm-17/25887885> (accessed: 06.06.2024). doi: 10.2991/itsmssm-17.2017.54.
4. Давыдов А.П., Злыднева Т.П. Моделирование классической и квантовой плотностей энергии и вероятности обнаружения фотона в короткоимпульсном лазерном излучении // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: сб. науч. ст. II Всерос. науч. конф. Тольятти: Издатель Качалин А. В., 2019. Ч. 1. С. 145-153.
5. Davydov A.P., Zlydneva T.P. Space-Time Probability Density of Detection of a Photon in Laser Beam of the Femtosecond Range // 2018 14th International scientific-technical conference on actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – 44894 proceedings. Novosibirsk: Novosibirsk state technical university, 2018. Vol. 1. Part 4. P. 58–69. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545314.
6. Davydov A.P., Zlydneva T.P. On numerical modeling of the Young's experiment with two sources of single-photon spherical coordinate wave functions // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 424 P. 327-335.
7. Davydov A.P., Zlydneva T.P. The Young's interference experiment in the light of the single-photon modeling of the laser radiation // Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016) [Электронный ресурс]. Tomsk: Atlantis Press, 2016. P. 208–215. URL: <https://www.atlantispress.com/proceedings/itsmssm-16/25856147> (accessed: 06.06.2024). doi:10.2991/itsmssm-16.2016.100.
8. Давыдов А.П., Злыднева Т.П. Моделирование волновой функции фотона в электрическом дипольном приближении // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: сб. науч. ст. II Всерос. науч. конф. Тольятти: Издатель Качалин А. В., 2019. Ч. 1. С. 136-144.

#### Сведения об авторах

**Файзрахманов Николай Рафаилович** – аспирант гр. ТФАа-22, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: nikolya\_romanov\_1998@mail.ru