

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

Научно-технический журнал

2022. Т. 13. №1

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

Редколлегия:

Председатель:

проф., д-р техн. наук *О.Н. Тулупов*

Заместитель председателя:

проф., д-р техн. наук *О.С. Логунова*

Ответственные редакторы:

канд. техн. наук *М.В. Андросенко*

вед. специалист *О.В. Батраева*

доц., д-р техн. наук *В.С. Великанов*

канд. ист. наук *О.А. Голубева*

доц., канд. ист. наук *А.Г. Иванов*

доц., канд. филос. наук *Е.В. Карпова*

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

канд. техн. наук *П.Н. Мишуров*

канд. пед. наук *Е.А. Москвина*

Главный редактор:

канд. техн. наук *С.В. Пыхтунова*

Редактор: *Н.П. Боярова*

Технический

редактор: *Т.В. Леонтьева*

© ФГБОУ ВО «МГТУ
им. Г.И. Носова», 2022

Адрес редакции:

455000, Челябинская обл.,
г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».
Тел. (3519) 29-84-63.
E-mail: rio@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 29.08.2022 г. Заказ 208.
Тираж 300 экз. Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

Добряков Д.А., Осокин Ю.А. Технические решения по увеличению производительности скипового подъема	3
Курочкин А.И., Иванов А.А. Повышение эффективности работы карьерных экскаваторов на основе цифровых технологий	7
Габбасов Б.М., Рыбаков А.Н., Шайхисламов А.Р. Методика расчёта параметров и выбора высоконапорных поршневых шламовых насосов для транспортирования шахтного шлама	10
Бигеев В.А., Потапова М.В., Закуцкая Л.А., Юдин Д.В.	14
Перспективы применения технологии ITmk3 для переработки бедных марганцевых руд	14
Гаренский Д.А., Полякова М.А. Сравнительный анализ методов 3D-печати	16
Дуденков М.А. Устройства и объекты для умного дома	20
Новожилов И.С., Рубцов В.Ю. Детализация элементов для адекватности моделирования прокатки рельсов	23
Петров И.С., Жевненко С.Н. Модель капиллярного впитывания пористым телом жидкой капли с конечной площадью контакта на примере системы железо-серебро	27
Потапов М.Г., Юмабаев А.А., Гуляев Ю.Е. Классификация комплексно-легированных чугунов по температуре разупорядочения кластеров расплава при разработке режимов ВТОР	31
Великанов В.С., Назаров О.В. О возможных причинах отказов транспортно-технологических машин на горных работах	36
Коновалов М.В., Иванов И.Л. Модернизация системы защиты информации, объекта КИИ, трудности модернизации на действующем АСУ ТП «нагревательные печи», цеха проката металла	39
Ильина Е.А., Логунова Т.В. Цифровые технологии в логопедическом исследовании детей дошкольного возраста	43
Моршакин А.Э., Газизова О.В. Групповое регулирование систем возбуждения синхронных генераторов заводских электростанций	45
Ошурков В.А., Волков А.Ф. Априорное ранжирование факторов, влияющих на качество оценки эффективности ИТ-проектов	48
Ситкина Д.А., Матвеев С.В. Исследование влияния состава трёхкомпонентного газообразного топлива на энергоэкономические показатели котельного агрегата	51
Николаев А.А., Гилемов И.Г., Буланов М.В. Исследование динамических режимов работы системы управления активного выпрямителя с функцией выбора таблиц углов переключения IGCT-тиристоров	54
Сухонослова Т.Г., Васильева Е.И. Косвенный метод измерения температуры жидкого металла в металлургической печи	60

Некеров Е.А., Свиридова Т.В. Совершенствование института наставничества с целью снижения производственного травматизма молодых работников	64
Глушков И.Н., Лимарев А.С., Герасименко И.В., Огнев И.И., Сарсымбаев С.А. Перспективы повышения экологичности взаимодействия автотранспортных средств с окружающей средой и земельными ресурсами	67
Бережная Г.А., Дзюба А.В. Совершенствование СМК ПАО «ММК» с целью повышения мотивации работников и их вовлечённости в управление качеством.....	72
Понурко И.В., Покрамович Л.Е., Садыкова А.Р. Совершенствование системы менеджмента ООО ПГ «Русский хлеб», г. Магнитогорск.....	76
Тарасюк Е.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П., Мулюкова А.Ф. Применение термогравиметрического и дифференциального термогравиметрического анализа для исследования ингибиторов коррозии в упаковочных материалах	79
Зяблицева М.А., Додонова Н.А. Обогащение пищевых продуктов биологически активными веществами с помощью нанотехнологий	82
Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Басков В.А., Гамиров Д.Р., Волкова Д.В., Арзамасцева В.Ю., Жамбуршина К.Б. К вопросу выбора связующих компонентов для производства топливных брикетов	85
Кадченко С.И., Рязанова Л.С. Алгоритмы нахождения асимптотических формул собственных значений дискретных полуограниченных операторов	88
Питько О.А. Роль социальных сетей в продвижении личного бренда педагога.....	91
Великих А.С., Гиревая Х.Я., Родчиков А.А. Решение задач на растворы, смеси и сплавы методом площадей	95

УДК 622.343.5:622.273.2

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКИПОВОГО ПОДЪЕМА

Добряков Д.А., Осокин Ю.А.

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

Аннотация. В процессе эксплуатации месторождения производится уточнение горно-геологических и горнотехнических условий отработки запасов. При этом происходит пересмотр проектных решений в части корректировки и оптимизации производственной мощности предприятия под сформировавшиеся условия. В большинстве случаев, в связи со снижением содержания полезного компонента в добываемой рудной массе и росте цен на сырье, наблюдается тенденция увеличения производственной мощности по сырой руде. В условиях подземного рудника увеличение производственной мощности ограничено рядом факторов. В статье рассмотрены технические решения по оптимизации скипового подъема рудной массы на поверхность путем увеличения его производительности без глубокой реконструкции подземного рудника. Исследования направлены на поиск скрытых резервов по возможности увеличения производительности скипового подъема.

Ключевые слова: производственная мощность, реконструкция подземного рудника, скиповой подъем, горно-капитальные выработки, подземная разработка рудных месторождений.

Разработка месторождений занимает значительный период времени по освоению промышленных запасов согласно календарному графику. В процессе эксплуатации месторождения производится уточнение горно-геологических условий, сопровождаемое переоценкой запасов в связи с не подтверждением проектных контуров рудных тел и, соответственно, объемов запасов, вовлекаемых в отработку. Ситуация усугубляется постоянным ухудшением качества добываемой руды, особенно на этапе доработки, ввиду ввода в эксплуатацию низкорентабельных участков месторождения и снижения экономической эффективности горных работ. При этом прослеживается мировой рост цен на все виды полезных ископаемых при увеличении спроса на минерально-сырьевые ресурсы ввиду их постоянного истощения и закономерного дефицита, в частности запасов цветных и благородных металлов.

Таким образом, выделенные два фактора – снижение качества добываемых руд и рост цен на металлы – способствуют необходимости повышения производственной мощности горного предприятия, которое пропорционально снижению содержания полезного компонента и его стоимости. Однако повышение производственной мощности, в частности подземного рудника, имеет ряд ограничений и факторов. В качестве основных выделяются такие, как ограничение проектных сечений горных выработок по скорости движения воздуха в них и пропускная способность рудовы-

дачных выработок с учетом производительности подъемного оборудования. Значительное повышение производственной мощности обуславливает необходимость глубокой реконструкции подземного рудника, связанной с увеличением сечений или строительством новых горно-капитальных выработок, как откаточных, так и рудовыдачных. При этом, в зависимости от степени увеличения производственной мощности, реконструкция сопровождается частичной или полной модернизацией горно-транспортного и подъемного оборудования. Поэтому снижение и оптимизация капитальных затрат на реконструкцию подземного рудника при увеличении его производственной мощности на этапе доработки месторождения является актуальной практической задачей горного производства. Данная задача решается путем поиска скрытых резервов, связанных с возможностью повышения производственной мощности, заложенных на этапе проектирования.

Данный подход реализован при определении возможной производственной мощности золоторудного месторождения. Так, производительность подъема скипового ствола по выдаче рудной массы является основным определяющим фактором, ограничивающим возможность увеличения производственной мощности подземного рудника [1–3]. Возможность увеличения производственной мощности связана с переоценкой запасов и вовлечения в разработку помимо запасов маломощных золотоносных жил также попутных забалансовых запасов. Исследованиями установлено, что увеличение производственной мощности по горным

возможностям практически не ограничивается с учетом значительной площади месторождения и глубины залегания и зависит только от пропускной способности рудовыдачных выработок. При этом рассматриваются два возможных варианта, способствующих увеличению производственной мощности подземного рудника по влиянию пропускной способности рудовыдачных выработок. К ним относятся реконструкция скипового ствола или строительство нового.

В работе произведен анализ влияющих факторов на производительность скипового подъема и определены резервы по ее увеличению без глубокой реконструкции ствола, а также рассмотрен вариант с полной реконструкцией ствола для обеспечения требуемой производственной мощности по горным возможностям [4–6]. С целью прогноза пропускной способности существующих рудовыдачных выработок при увеличении производственной мощности рудника произведены анализ и оценка вариантов их возможной модернизации с позиции технологической осуществимости и минимальных затрат.

Основная нагрузка по выдаче горной массы на поверхность при разработке месторождения при-

ходится на скиповой ствол. В связи с этим предполагается 4 варианта увеличения пропускной способности скипового ствола.

Вариант № 1. Увеличение длины скипов на 1 м и, соответственно, увеличение объема до 5,8 м³, а также скорости подъемных установок до 10–12 м/с в среднем 11,2 м/с. Результаты расчета производительности скипового подъема по варианту № 1 сведены в табл. 1.

Суммарная производительность скипового подъема (породного и рудного) по варианту № 1 составляет 2,97 млн т/год. Увеличение производительности подъема повлечет за собой следующие виды работ по реконструкции подъема:

- ремонт армировки ствола;
- частичная замена расстрелов и проводников;
- ревизия подъемных машин и настройка по техническим параметрам.

Вариант № 2. Замена существующих скипов (1СН4-2) рудного и породного подъемов на скипы 1СН7-2 с объемом кузова 7 м³ и грузоподъемностью 12 т.

Результаты расчета производительности скипового подъема по варианту № 2 сведены в табл. 2.

Таблица 1

Расчет производительности скипового подъема по варианту № 1

Показатели	Ед. изм.	Существующий подъем		Вариант 1	
		рудный	породный	рудный	породный
Годовая производительность	т/год	758 000	788 000	1 473 000	1 496 000
Число рабочих дней в году	дней	305			
Продолжительность работы подъема в сутки	ч	20			
Максимальная скорость движения груженых скипов	м/с	7,8		11,2	
Средняя скорость движения груженых скипов	м/с	5,6	5,7	8,0	7,9
Высота подъема	м	788,83	756,85	788,83	756,85
Число подъемов в час	раз	20,6	21	27,6	28,1
Грузоподъемность скипа	т	6,9		10,1	
Вместимость скипа	м ³	4		5,8	
Коэффициент разрыхления	-	1,5			
Удельный вес горной массы	т/м ³	2,6			

Таблица 2

Расчет производительности скипового подъема по варианту № 2

Показатели	Ед. изм.	Результат
Годовая производительность	т/год	1 851 000*
Число рабочих дней в году	дней	305
Продолжительность работы подъема в сутки	ч	20
Максимальная скорость движения груженых скипов	м/с	12
Средняя скорость движения груженых скипов	м/с	8,6
Высота подъема	м	790
Число подъемов в час	раз	28,8
Грузоподъемность скипа	т	12,1
Вместимость скипа	м ³	7
Коэффициент разрыхления	-	1,5
Удельный вес горной массы	т/м ³	2,6

*Расчет произведен на одну подъемную машину.

Суммарная производительность скипового подъема (породного и рудного) по варианту № 2 составляет 3,7 млн т/год. Увеличение производительности подъема повлечет за собой замену 2-х главных расстрелов слева и справа от центрального вследствие увеличения габаритов скипов.

Вариант № 3. Замена существующих скипов (1СН4-2) рудного и породного подъемов на скипы 3СН17-2 с объемом кузова 17 м³ и грузоподъемностью 30 т.

Вариант № 3 осуществим двумя способами в зависимости от требуемого количества обслуживаемых горизонтов:

1. Два скипа 3СН17-2 без противовесов.
2. Два скипа 3СН17-2 с противовесами.

Результаты расчета производительности скипового подъема по варианту № 3 представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчет производительности скипового подъема по варианту № 3

Показатели	Ед. изм.	Результат
Годовая производительность	т/год	4 495 000
Число рабочих дней в году	дней	305
Продолжительность работы подъема в сутки	ч	20
Максимальная скорость движения груженых скипов	м/с	12
Средняя скорость движения груженых скипов	м/с	8,6
Высота подъема	м.	790
Число подъемов в час	раз	28,8
Грузоподъемность скипа	т	29,5
Вместимость скипа	м ³	17
Коэффициент разрыхления	-	1,5
Удельный вес горной массы	т/м ³	2,6

Вариант № 3 предполагает использование скипов вместимостью 17 м³ и грузоподъемностью 30 т. При этом производительность подъема составит 4,5 млн т/год.

В связи с выделением двух концентрационных горизонтов принимается вариант с оснащением скипового ствола двумя скипами 3СН17-2 с противовесами и применением 2-х подъемных машин.

Вариант № 3 предусматривает полную реконструкцию скипового подъема:

- замена подъемных сосудов и оборудования в стволе;
- реконструкция машинного отделения;
- замена армировки.

В качестве основного вида армировки принимается металлическая, состоящая из расстрелов – прокатный двутавр № 36 и рельсовый проводник – Р43. Расположение проводников сосудов – боко-

вое двустороннее, крепление проводников – скобами.

Получившаяся конструкция армировки ствола включает:

- 3 главных расстрела длиной 6000/3900 мм;
- 2 вспомогательных расстрела длиной 1100 мм;
- 2 ложных расстрела для усиления конструкции длиной 2200 мм.

Количество проводников в плане – 8 шт., шаг армировки – 4 м.

Вариант № 4. Строительство нового скипового ствола.

Вариант не предусматривает реконструкцию скипового ствола. Строительство нового ствола осуществляется под оборудование по варианту № 3.

По принятым типоразмерам скипов произведен расчет максимальной годовой производительности по выдаче рудной массы. Годовая производительность подъема составляет 4,49 млн т/год. Производительность подъема при загрузке скипов с верхнего концентрационного горизонта составляет 5,46 млн т/год. При выдаче горной массы одновременно с двух концентрационных горизонтов производительность подъема составит 4,85 млн т/год.

Таким образом, в работе определены три варианта по увеличению производительности скипового подъема. Установлено, что увеличение грузоподъемности скипов позволит увеличить производительность скипового ствола, без изменения скоростей при подъеме, но потребует замены оборудования электропривода и автоматизации для обеспечения бесперебойной работы подъема, а также подъемных канатов.

Увеличение времени работы подъема по выдаче до 19,0 ч/сут без изменения скоростей при подъеме также позволяет увеличить производительность скипового ствола, но потребует той же реконструкции, что в первом варианте.

Третий вариант, объединяющий первые два варианта и предусматривающий увеличение скорости при подъеме до 12 м/с, позволит максимально увеличить производительность скипового ствола, но потребует более глубокой реконструкции, включающей в себя замену армировки ствола на канатную или жесткую с коробчатыми проводниками.

Список литературы

1. Комплексная экологоориентированная подземная геотехнология добычи и обогащения железных руд / И.В. Соколов, Н.В. Гобов, А.А. Смирнов, А.Н. Медведев // Экология и промышленность России. 2013. № 9. С. 16-20.
2. Обоснование технологических схем отработки месторождения с учетом техногенного преобразования / А.М. Мажитов, И.А. Пыталев, Е.В. Боровиков, Г.Д. Першин // Известия высших учебных

- заведений. Горный журнал. 2021. № 4. С. 5-14. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-4-5-14.
3. Изыскание подземной геотехнологии при переходе к освоению глубокозалегающих запасов наклонного медноколчеданного месторождения / И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин, И.В. Никитин [и др.] // Известия Уральского государственного горного университета. 2016. № 2(42). С. 47-53. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-2-47-53.
 4. Мажитов А.М. Оценка степени техногенного преобразования участка недр при разработке месторождения с обрушением руды и вмещающих пород в восходящем порядке // Горная промышленность. 2021. № 4. С. 113-118. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-113-118.
 5. Оптимизация схемы проветривания при увеличении производственной мощности подземного рудника / Н.Д. Ильинов, А.М. Мажитов, А.Б. Аллабердин, К.В. Важаев // Горная промышленность. 2021. № 6. С. 89-93. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-89-93.
 6. Мажитов А.М., Асанов Д.А. Интенсификация технологии восходящего порядка отработки крутопадающего рудного тела // Актуальные проблемы горного дела. 2016. № 2. С. 36-42.

Сведения об авторах

Добряков Даниил Андреевич – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Осокин Юрий Александрович – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.



УДК 62-50

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Курочкин А.И., Иванов А.А.

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

Аннотация. При повышении производительности горных машин обеспечивается заданный уровень безопасности на всех этапах ведения горных работ. Чтобы соответствовать этим требованиям, необходимо широкое применение технологий и, в первую очередь, разумное использование данных, контрольно-измерительных приборов, диагностических процедур с современным инженерным программным обеспечением, а также платформ для сбора и отображения данных из различных источников, внедрение компьютерных приложений, внедрение способов управления сквозными процессами. Все это не что иное, как интеграция процессов горного производства с IT-технологиями и внедрение цифровизации с учетом жизненного цикла горной техники.

Ключевые слова: цифровая модель, карьерный экскаватор, цифровизация, информационно-диагностические системы, цифровой двойник, оптимизация рабочих параметров, виртуальная модель, модернизация серийного оборудования, техническое обслуживание и ремонт.

Цифровая модель помогает менять параметры оборудования и вносить улучшения гораздо быстрее и безопаснее, чем при экспериментах на реальных объектах и используется для ускорения процесса разработки продукта путем моделирования работы его компонентов, что позволяет диагностировать и устранять потенциальные ошибки в работе, а также прогнозировать и повышать производительность [1]. Вместе с этим гораздо быстрее и эффективнее оптимизируются параметры оборудования, исключая проведение экспериментов на реальных объектах, точно оценивается обстановка местности, повышая уровень безопасности работы. Для облегчения расчетов цифровой двойник физического устройства используется в трехмерной модели. При помощи технологий интернета (IoT) он подключается к реальным машинам и получают данные с его датчиков [1].

Информационно-диагностические системы (ИДС) позволяют контролировать режимные параметры работы и загрузки всех изменений мгновенной мощности, тока и напряжения электрического привода машин. Комплекс параметров электрических машин прямо пропорционален воспринимаемым экскаватором нагрузкам в процессе его деятельности. Чтобы правильно и качественно снять с ИДС эквивалентные нагрузки металлоконструкции экскаватора, нужно проводить всесторонние тензометрические измерения при работе машины. В итоге, когда достаточно много наблюдений, удалив фактические свидетельства о

напряженности конструкций, ИДС экскаватора может превратить нагрузку в виртуальную модель – цифровой двойник [1].

На данном этапе развития карьерных экскаваторов [1–3] в функции ИДС входит удаленная передача данных на сервер. Можно получать данные с реальной машины о работе электрооборудования и его возможные неисправности, о температуре в контрольных точках механических приводах для работы пневмосистемы, данные автоматической централизованной системы смазки и прочие данные о работе систем экскаватора, в том числе о времени полезной работы и потреблении энергии. Дальнейшее развитие направления «Цифровизация» карьерного экскаватора приведет к развитию его функционала, а также развитию управления его жизненным циклом (рис. 1).

Оцифровка карьерного экскаватора позволит на виртуальной модели отработать варианты развития событий при управлении реальной машиной и из массива возможных вариантов подобрать оптимальные параметры, соответствующие поставленной цели, которая может заключаться:

- в достижении максимальной производительности на определенном участке времени, но это интенсифицирует воздействия ТОиР и повышает операционные расходы на экскавацию;
- в работе при наименьших операционных расходах (минимальная себестоимость экскавации);
- в обеспечении максимального остаточного ресурса при соблюдении плановых объемов экскавации [1].

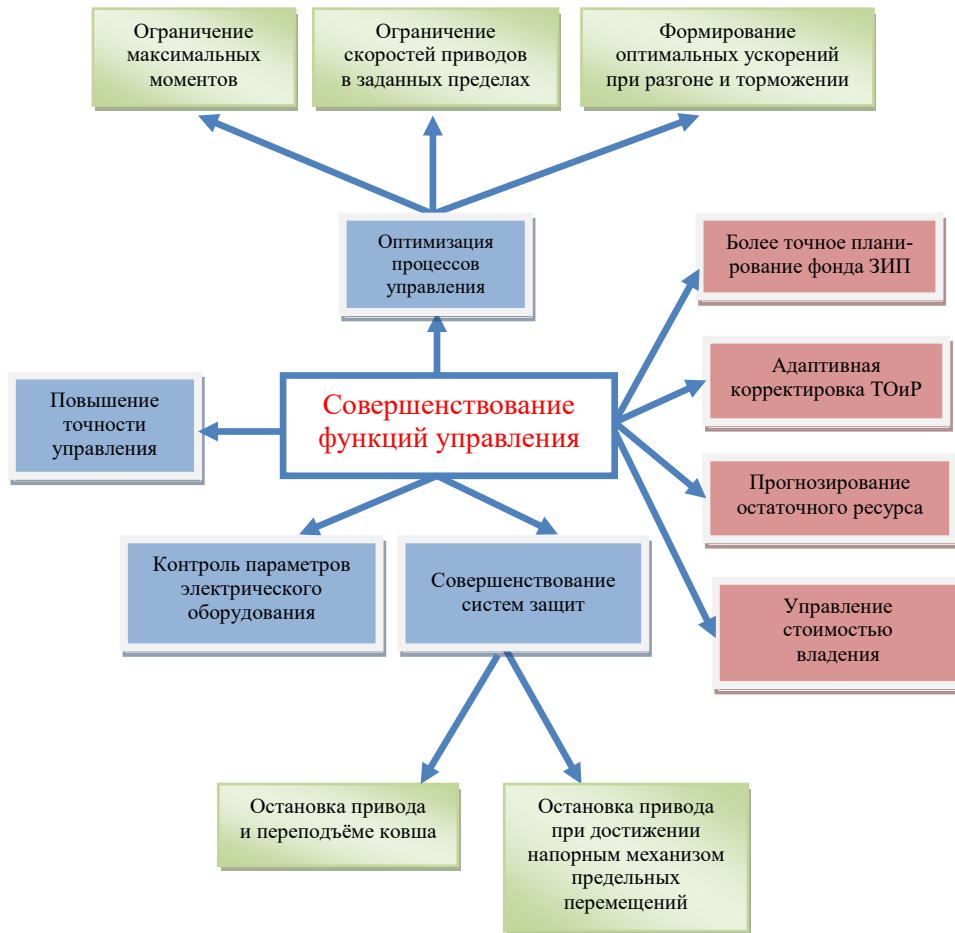


Рис. 1. Функционал цифрового двойника карьерного экскаватора

Выбор и обкатка модели работы на «цифровой модели» позволит более точно и обоснованно спланировать необходимый перечень ЗИП для поддержания работоспособного состояния реального экскаватора, адаптировать периодичность мониторинга технического состояния и технического обслуживания и ремонта под фактические условия и режимы эксплуатации, а также прогнозировать остаточный ресурс машины (или узла в отдельности) [1].

При наличии обратной связи «цифровой двойник – реальный экскаватор» будет возможна оптимизация и адаптация системы управления экскаватором под реальные условия его эксплуатации в соответствии с воспринимаемыми нагрузками и принятой стратегией в соответствии с поставленными целями. В процессе экскавации цифровой двойник автоматизирует параметры привода копания, предотвращает превышение критических нагрузок, моментов и скоростей приводов в заданных пределах и формирует, при обратной связи, управляющий сигнал для задания оптимальных значений ускорений при разгоне и торможении. Контролирует усилия подъема и напора, увеличивает надежность системы защиты,

ограничивает силу привода при переподъеме ковша и при достижении предельных перемещений напорного механизма.

Создание цифровой модели экскаватора не ограничивается только одной функцией контроля управления машиной, также прилагается пакет дополнительных функций, это автоматизация процесса копания, определение местоположения экскаватора в карьере и автоматизация разгрузки в транспорт и, как следующий этап, создание автономного экскаватора робота (рис. 2) [4].

Внедрения автоматизированных систем позволяет повысить уровень безопасности и в некоторых случаях производительность, а также приводит к снижению эксплуатационных затрат.

Таким образом, цифровые системы позволяют проанализировать огромные массивы данных, в том числе мгновенных нагрузок при работе оборудования, дать рекомендации в соответствии с заложенной в них логикой. Цифровизация открывает возможности для решения задач, с которыми в настоящее время все еще сталкивается горная промышленность: корректные сбор, хранение и анализ данных работы оборудования и технологии ведения горных работ.



Рис. 2. Автоматизация технологического процесса работы экскаватора

Список литературы

1. Шибанов Д.А., Иванов С.Л., Иванов А.А. Цифровые двойники в горном машиностроении как инструмент повышения эффективности эксплуатации горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 15. 16 с.
2. Инновационные решения ИЗ-КАРТЭКС для горной промышленности / А.Р. Ганин, А.А. Емельянов, Т.В. Донченко, Д.А. Шибанов // Горное дело. 2016. №1(7). С. 13-16.
3. Производство ижорских карьерных экскаваторов – 60 лет / Д.А. Мельников, Т.В. Донченко, Д.А. Шибанов, А.А. Емельянов // Горная промышленность. 2017. №5. С. 18-20.
4. Оценка показателей работоспособности карьерных экскаваторов в реальных условиях эксплуатации / Д. А. Шибанов, С. Л. Иванов, А.А. Емельянов, Е.В. Пумпур // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 10. С. 86–94. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-10-0-86-94.

Сведения об авторах

Курочкин Антон Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры ГМиТТК, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: antoshey@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3287-4653.

Иванов Антон Андреевич – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 622.5; 622.58

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ И ВЫБОРА ВЫСОКОНАПОРНЫХ ПОРШНЕВЫХ ШЛАМОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ШАХТНОГО ШЛАМА

Габбасов Б.М., Рыбаков А.Н., Шайхисламов А.Р.

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

Аннотация. В статье рассмотрена разрабатываемая методика расчёта высоконапорных поршневых шламовых насосов для транспортирования шахтного шлама. Проанализированы и структурированы существующие способы расчётов с учётом свойств шахтного шлама. Приведён поэтапный расчёт и аналитические графики.

Ключевые слова: шахтный шлам, поршневые насосы, гидротранспорт.

На стадии расчёта и проектирования для снижения энергоёмкости процесса перекачки шахтного шлама и повышения надёжности и долговечности рабочих элементов поршневых насосов необходимо предусмотреть и рассчитать оптимальные режимы работы поршневых насосов так, чтобы при откачке и транспортировании шахтного шлама соблюдались и обеспечивались требуемые значениями производительности и напора.

На основе анализа и обобщения методик расчётов для шламовых насосов разработан поэтапный расчёт поршневого шламового насоса при заданных условиях и требуемых конечных показателях.

При выборе поршневого насоса необходимо в качестве исходных данных необходимо учитывать следующие показатели шахтного шлама: размер частиц, их удельная масса частиц; удельная масса жидкости; удельная масса шлама; концентрация частиц по весу и объёму (в процентах); процентное содержание частиц (процент частиц размером менее 75 микрон); форма частиц (круглая или плоская).

Этап 1. Определение объёма шлама, его плотности, удельной массы шлама и удельной плотности частиц.

Расчет технологической линии гидротранспорта шлама (пульпы) выполнен по существующим методикам [1–3].

Расчетное количество и объемы перекачиваемой пульпы определяются по нормальному и максимальному водопритоку в зависимости от ее плотности, которая, в свою очередь, зависит от продолжительности осветления (времени осаждения твердых частиц в осветлительных выработках).

Объемы пульпы при различной плотности определяются по следующей зависимости:

$$V = Q \cdot \left(R + \frac{1}{\rho_{\text{тв}}} \right), \quad (1)$$

где Q – количество твердого в единице объема, т/м³; R – отношение массы жидкого к массе твердого, %; $\rho_{\text{тв}}$ – плотность твердого, т/м³.

$$R = \frac{\rho_{\text{тв}} - \rho_{\text{пульпы}}}{\rho_{\text{тв}} (\rho_{\text{пульпы}} - 1)}, \quad (2)$$

где $\rho_{\text{пульпы}}$ – плотность пульпы, т/м³.

Так как в настоящий момент насосы главного водоотлива функционируют непрерывно, то есть шахтная вода и поступает и откачивается одновременно, то принимается показатель нормального водопритока как требуемое значение.

Этап 2. Расчёт параметров пульпопровода.

Для гидротранспортирования пульпы принимаются трубопроводы по ГОСТ 8732–78 «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные».

Внутренний диаметр нагнетательного пульпопровода рассчитывается по формуле

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{3600 \cdot \pi \cdot v_{\text{кр}}}}, \quad (3)$$

где Q – производительность поршневого насоса, м³/ч; $v_{\text{кр}}$ – критическая скорость движения пульпы, $v_{\text{кр}} = 1,6$ м/с [1, табл. 15.2, с. 426].

В соответствии с пунктом 562 «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твёрдых полезных ископаемых» [4], производительность рабочих насосов водоотливных установок должна обеспечивать откачку нормального суточного притока не более чем за 20 ч.

Также следует учитывать, что эксплуатация оборудования в подземных условиях характеризуется ограниченными размерами выработок, которые, в свою очередь, оказывают влияние на габариты применяемого оборудования. Соответственно, при выборе оборудования по показателю производительности необходимо учитывать, что больший показатель производительности соответствует большим размерам самого оборудования.

Минимально необходимая толщина стенки нагнетательного трубопровода $d_{вн} = 325$ мм для предотвращения прорывов его под действием давления

$$\delta = \frac{1,25 \cdot P \cdot d_{вн}}{2 \cdot 0,4 \cdot \sigma_{в}} + \alpha_1, \quad (4)$$

где $\sigma_{в}$ – временное сопротивление разрыву для материала трубопровода; α_1 – поправка на механический износ; P – давление, создаваемое насосным агрегатом, МПа.

Для проверки критической скорости пульпы требуется определить скорость протекания пульпы.

Скорость протекания пульпы по трубе, м/с,

$$V_{кр} = \sqrt{g \cdot d_{вн}} \cdot \sqrt[3]{\frac{(\rho_{пульпы} - 1)}{k \cdot \psi \cdot \lambda_0 \cdot \rho_{пульпы}} \cdot C}, \quad (5)$$

где k – эмпирический коэффициент для породы (принимается $k = 1,4$ [4, с. 103]); ψ – коэффициент сопротивления при свободном падении в среде твердой частицы; λ_0 – коэффициент местных гидравлических сопротивлений при движении по трубопроводу для отшлифованных грунтом труб.

Для практических расчетов ψ рассчитывается по формуле

$$\psi \approx 0,65 \cdot \sqrt[6]{\frac{0,66}{\rho_{тв} - 1}}. \quad (6)$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{V_{кр} \cdot d_{н}}{\nu_{в}}. \quad (7)$$

C – коэффициент, учитывающий весовое содержание R , %, мелких классов, мельче 2 мм.

$$C = 0,75 \cdot \left(\frac{100 - R}{100} \right), \quad (8)$$

где $R = 95\%$ по статистическим данным.

При малых значениях коэффициента $C < 0,3$ значение $V_{кр}$ следует увеличить на 15–20%.

Фактическая скорость гидросмеси, м/с,

$$V_{гф} = \frac{4 \cdot Q_{н}}{3600 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2}. \quad (9)$$

Для предотвращения заиливания необходимо соблюсти условие $V_{гф} \geq V_{кр}$.

Для обеспечения соблюдения указанного условия увеличим значение требуемой производительности. Стесненные условия подземных выработок не позволяют применять оборудование с большими габаритными размерами, поэтому для расчетов необходимо принимать наиболее подходящий по габаритным размерам поршневой шламодный насос с наибольшим показателем производительности.

Этап 3. Расчёт общего напора.

Потери напора при течении пульпы

$$\Delta H_{тр} = \left(\frac{\lambda_0 \cdot V_{гф}^2}{2 \cdot g \cdot d_{вн}} \cdot \rho_{пульпы} + c \cdot \frac{\sqrt{g \cdot d_{вн}} \cdot (\rho_{пульпы} - 1)}{k \cdot \psi \cdot V_{гф}} \right) \cdot L. \quad (10)$$

Требуемый расчетный напор насоса определяется по формуле

$$H = \Delta H_{тр} + \Delta H_{м} + H_{г}, \quad (11)$$

где $\Delta H_{тр}$ – потери напора по длине трубопровода, м; $H_{г}$ – разность отметок оси насоса и отметки сливного отверстия трубопровода $H_{г} = 460$ м; $\Delta H_{м}$ – местные потери напора (в арматуре), $\Delta H_{м} = 0,2 \Delta H_{тр}$.

Этап 4. Уточняющий расчёт критической скорости с учётом показателей шахтного шлама.

Для уменьшения удельных затрат энергоресурсов транспортирование шахтного шлама необходимо стремиться производить при скоростях, близких к $v_{кр}$, и высоких концентрациях твёрдого вещества в гидросмеси.

Гранулометрический состав твёрдой фазы гидросмесей можно приближённо охарактеризовать среднеарифметической (средневзвешенной) крупностью частиц [6]:

$$d_{ср} = \frac{d_1 m_1 + d_2 m_2 + \dots + d_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i m_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (12)$$

где d_i – средняя крупность частиц из i -го интервала; m_i – массовое процентное содержание частиц i -го интервала.

Области критических скоростей соответствуют минимальные удельные потери напора. Из физических соображений очевидно, что чем больше плотность гидросмеси, тем выше должно быть значение критической скорости, препятствующей выпадению твёрдых веществ в осадок:

1) для $d_{cp} \leq 0,07$ мм

$$v_{кр} = 0,2 \left[1 + 3,43 \cdot \sqrt[4]{P_1 \cdot D^{0,75}} \right], \quad (13)$$

где P_1 – весовое содержание твёрдого в шламе, выраженное в процентах по отношению к весу воды; D – диаметр пульпопровода;

2) для $0,07$ мм $< d_{cp} \leq 0,15$ мм

$$v_{кр} = 0,255 \left[1 + 2,48 \cdot \sqrt[3]{P_1} \cdot \sqrt[4]{D} \right]; \quad (14)$$

3) для $0,15$ мм $< d_{cp} \leq 0,4$ мм

$$v_{кр} = 0,85 \left[0,35 + 1,36 \cdot \sqrt[3]{P_1 \cdot D^2} \right]; \quad (15)$$

4) для $0,4$ мм $< d_{cp} \leq 1,5$ мм

$$v_{кр} = 0,85 \left[0,35 + 1,36 \cdot \sqrt[3]{P_1 \cdot D^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{d}{0,4}}, \quad (16)$$

где d – средневзвешенный размер твёрдых частиц, выраженный в миллиметрах;

5) для $d_{cp} > 1,5$ мм

$$v_{кр} = 1,63 \left[0,35 + 1,36 \cdot \sqrt[3]{P_1 \cdot D^2} \right] \cdot \sqrt[4]{\frac{d}{0,4}}. \quad (17)$$

В результате произведённых расчётов, произведённых при учёте влияния такого показателя шахтного шлама, как средневзвешенный размер частиц, значения которого находятся в диапазоне $d_{cp} = 0,07$ – 2 мм, получаем график зависимости критической скорости от средневзвешенного размера частиц, приведённый на рис. 1.

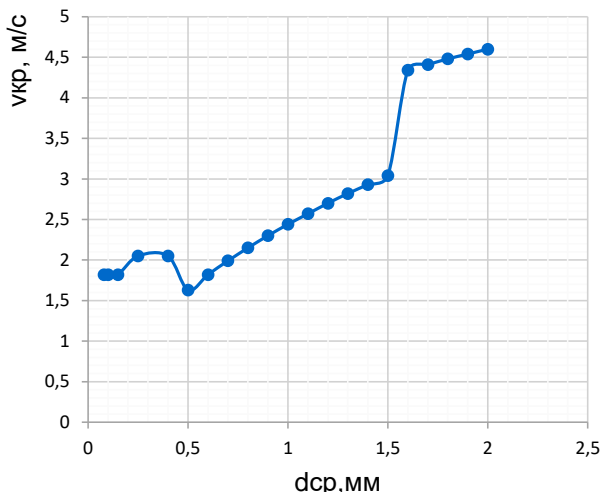


Рис. 1. График зависимости критической скорости $v_{кр}$ от гранулометрического состава шахтного шлама d_{cp}

Этап 5. Расчёт энергосиловых параметров процесса гидротранспортирования шахтного шлама с помощью поршневого насоса.

Из формулы (3) выведем формулу для расчёта производительности поршневого насоса Q с учётом диаметра в трубопроводе $d_{вн}$ и критической скорости движения жидкости $v_{кр}$:

$$Q = \frac{3600 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2}{4}, \quad (18)$$

где $v_{кр}$ – критическая скорость в диапазоне $2,33$ – $2,85$ м/с; $d_{вн}$ – рассчитанный ранее внутренний диаметр трубопровода, $d_{вн} = 0,301$ м.

Мощность привода для поршневого насоса, кВт [5], определяется по формуле

$$P = k_3 \cdot \frac{g \cdot Q \cdot H \cdot \gamma}{\eta_{нас} \cdot \eta_{п}} \cdot 10^{-3} = k_3 \cdot \frac{Q_p}{\eta_{нас} \cdot \eta_{п}} \cdot 10^{-3}, \quad (19)$$

где k_3 – коэффициент запаса, принимаемый $1,1$ – $1,3$ в зависимости от мощности привода; g – ускорение свободного падения, м/с²; Q – подача (производительность) насоса, м³/с; H – расчетная высота подъёма, м; γ – плотность перекачиваемого шахтного шлама, кг/м³; $\eta_{нас}$ – КПД поршневого насоса ($0,8$ – $0,95$); $\eta_{п}$ – КПД передачи, равный $0,8$ – $0,95$; $P = g \cdot H \cdot \gamma$ – давление, развиваемое насосом, Па.

На основании данных, полученных при расчётах критической скорости, построен график зависимости производительности поршневого насоса от критической скорости, приведённый на рис. 2.

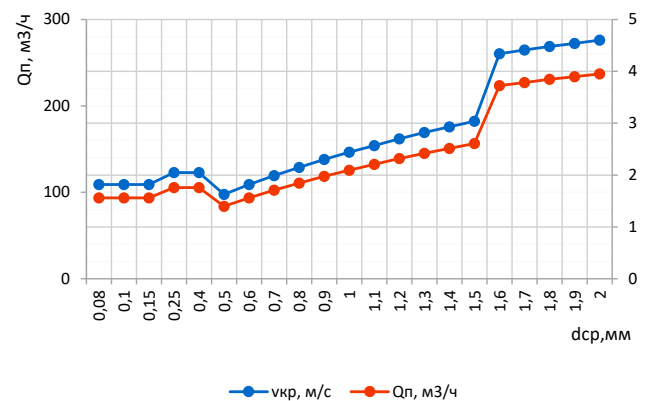


Рис. 2. Результаты расчётов критических скоростей $v_{кр}$ и производительности поршневого насоса $Q_{п}$

Из графика на рис. 2 очевидно, что с увеличением средневзвешенного размера частиц в шахтном шламе относительно увеличивается критическая скорость перекачиваемого шлама, что влечёт за собой увеличение требуемого значения производительности поршневого насоса.

Полученные результаты расчётов критических скоростей находят подтверждение в трудах А.О. Спиваковского, В.К. Дьячкова и Б.Ф. Лямаева.

А.О. Спиваковским приведено минимальное значение критической скорости $v_{кр} = 1,6$ м/с [4], Б.Ф. Лямаев приводит максимальные значения скоростей для труб диаметром 0,2–1,0 м в пределах 2,5–6 м/с [7].

Однако, как было указано ранее, на значение производительности накладывает ограничение габаритные размеры самого поршневого насоса из-за стеснённых условий эксплуатации, то есть необходимо произвести мероприятия по изменению плотности и составу шлама.

Разработанная методика позволяет иметь поэтапную структурированную форму, что в дальнейшем может быть использовано для создания математической модели процесса перекачки шахтного шлама поршневыми насосами.

Установлено влияние таких показателей шахтного шлама, как плотность, средневзвешенный размер частиц, весовое содержание твёрдого в шламе на требования, предъявляемые к значениям диаметра трубопровода и критической скорости движения шлама, и, в свою очередь, их совместное воздействие на режим работы поршневого насоса при гидротранспортировании шахтного шлама. Данная методика позволяет в дальнейшем произвести расчёт критериев энергоэффективности режима работы высоконапорного поршневого шламового насоса при транспортировании шахтного шлама.

Список литературы

1. Джвайшершвили А.Г. Гидротранспортные системы обогащительных комбинатов. М.: Недра, 1973. С. 352.
2. Мельников Т.И. Анализ существующих формул для определения критических скоростей и гидравлических уклонов в пульпопроводах // Труды Магнитогорского горно-металлургического института. Выпуск 15. Магнитогорск: МГМИ, 1958.
3. Евдокимов П.Д. Анализ существующих методов и формул для гидравлического расчёта пульпопроводов и практические рекомендации // Известия ВНИИГ. 1952. Т. 48.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых», Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Приказ от 8 декабря 2020 года № 505.
5. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1983. С. 487.
6. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых.
7. Долганов А.В. Повышение эффективности эксплуатации водоотливных установок медноколчеданных рудников: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2012. С. 20.
8. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение, 1988. С. 256

Сведения об авторах

Габбасов Булат Маратович – кандидат технических наук, доцент кафедры ГМиГТК, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: bulatg74@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3811-0697.

Рыбаков Александр Николаевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры ГМиГТК, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: rybakov174@yandex.ru.

Шайхисламов Азат Ренатович – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 669.162.8

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ITmk3 ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ БЕДНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ РУД

Бигеев В.А., Потапова М.В., Закуцкая Л.А., Юдин Д.В.

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

Аннотация. Интерес поиска новых технологий получения ферромарганца связан с высокими затратами при традиционных способах его производства. Целью исследования являлось установление возможности переработки бедных марганцевых руд Южного Урала с использованием элементов технологии ITmk3 в лабораторных условиях. Исследования проводились с шихтой, состоящей из марганцевой руды Жайремского месторождения, близкой по содержанию марганца к месторождению Южного Урала Ниязгулово-1, и недефицитного угля, в камерной печи Nabertherm, с помощью которой возможно смоделировать параметры температуры и времени элементов технологии ITmk3. Полученные результаты позволяют рассматривать возможность использования бедных марганцевых руд месторождений Южного Урала для получения ферромарганца.

Ключевые слова: ферромарганец, прямое восстановление, ITmk3, марганцевая руда, месторождения, Южный Урал.

Ограниченность запасов высококачественных руд и возрастающая потребность металлургии в марганце повышает значение использования бедных руд и их подготовку к плавке.

На Южном Урале выявлено более 30-ти месторождений марганцевых руд и более 100 рудопроявлений, в основном на территории Баймакского, Абзелиловского и Учалинского районов Республики Башкортостан.

Разведанные запасы кремнисто-марганцевых руд Южного Урала насчитывают около 2,8 млн т. Впрочем, из-за малых размеров месторождений и низкого качества руд на данный момент они почти не эксплуатируются [1].

В табл. 1 приведены сведения о наиболее крупных месторождениях марганцевых руд по результатам геологоразведочных работ Павлова В.В. и Черенцова Ю.Л.

Наиболее интересным является месторождение Ниязгулово-1, расположенное в Абзелиловском районе, в 3 км от трассы Магнитогорск–Белорецк. Данное месторождение известно еще со второй половины XVIII века. Содержание марганца в руде варьируется от 10 до 20%. Данное полезное ископаемое – основное на месторождении Ниязгулово-1. Помимо этого в руде присутствует кремнезем в количестве 3,68 – 47,18%. Запасы руд составляют около 1,5 млн т. Марганецсодержащее сырье этого месторождения может быть использовано для нужд Магнитогорского металлургического комбината.

Таблица 1

Характеристика и запасы марганцевых руд месторождений Южного Урала

Наименование месторождений	Содержание, %			Запасы, тыс. т	
	Mn	Fe	SiO ₂	A+B+C ₁	C ₂
Северное Файзуллинское	25	3,1	43,58	292	170
Южное Файзуллинское	14,21-55,82	1,75	29,65	135	46
Кусимовское	36	3,2	30	Нет сведений	11
Ниязгулово 2	10-25	2,6	16-60	80	Нет сведений
Ниязгулово 1	19	15	45	1462	Нет сведений

В настоящее время комплексное кремнеземно-марганцовистое сырье Ниязгуловского месторождения успешно применяется на ПАО «ММК» для промывки горнов доменных печей [2].

Многочисленные месторождения марганцевых руд Южного Урала, несмотря на малые запасы и бедность по содержанию марганца, показывают возможность использования в качестве сырья для получения гранулированного марганецсодержащего сырья с последующим применением в сталеплавильном производстве [3].

Разработанная в 1996 году в Японии технология ITmk3 (Ironmaking Technology mark 3), позволяющая, минуя доменный передел, получать из железосодержащего сырья гранулированный чу-

гун, набирает популярность в мире. Восстановление оксидов, науглероживание и последующее плавление металла осуществляются при температуре выше 1350°C в течение 9–12 мин. После охлаждения образуется гранулированный чугун фракцией 3,5–22 мм, легко отделяющийся от шлака магнитной сепарацией [4].

В исследовании использовалась нагревательная печь Nabertherm, которая позволяет проводить термообработку при температуре 1450-1550°C и продолжительности 9-12 мин. Исследовательская шихта состояла из марганцевой руды Жайремского месторождения, Казахстан и угольного концентрата.

Анализ проекции ликвидус четвертной системы CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ свидетельствует о том, что состав пустой породы марганцевой руды вместе с золой топлива обеспечивали композиции в области α-CaO·SiO₂, β-CaO·SiO₂, мелилита и пироксена с температурой плавления не выше 1400°C без применения каких-либо флюсов [5].

В табл. 2 и 3 представлены химические составы полученных продуктов.

Таблица 2

Химический состав полученного сплава, %

Fe _{общ}	Mn	Si	C	S
80,4–90,9	1,67–10,2	0,3–1,7	3,7–5,1	0,02–0,03

Таблица 3

Химический состав шлака, %

Al ₂ O ₃	CaO	Fe _{общ}	MgO	MnO	SiO ₂	C	S
3,1–5,2	20,9–28,5	1,3–6,4	1,1–2,8	21,2–29,2	33,1–41,8	0,1–1,7	0,2–0,3

Содержание углерода в шихте варьировалось в пределах 11-25%. Выход ферромарганца из шихты составлял 24–30%, а степень перехода марганца в ферросплав – 20,8–31,7%. Достигнуть максималь-

ный выход ферромарганца и переход его из шихты в ферромарганец удалось при содержании углерода в шихте 12-15% и температуре термообработки 1500°C. Указанные оптимальные значения процесса металлизации были достигнуты при термообработки в течение 10 мин [3].

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что при использовании даже бедной марганцевой руды есть возможность получить гранулированный зеркальный чугун по технологии ITmk3.

Результаты исследования позволяют рассмотреть возможность использования бедных по марганцу руд Южного Урала для получения ферромарганца.

Список литературы

1. Изучение возможности вовлечения в металлургическое производство марганецсодержащего сырья Южного Урала / Панишев Н.В., Харченко А.С., Бигеев В.А., Потапова М.В., Закуцкая Л.А. // Известия Волгоррадского государственного технического университета. 2019. № 7 (230). С. 31–37.
2. Промывка горна доменной печи кремнеземамарганцовистой рудой Ниязгуловского месторождения / Бигеев В.А., Сибагатуллин С.К., Харченко А.С., Панишев Н.В., Потапова М.В., Лунев У.Д. // Теория и технология металлургического производства. 2018. №3(26). С. 12-16.
3. Новый способ получения марганцевых сплавов / Панишев Н.В., Бигеев В.А., Потапова М.В., Закуцкая Л.А. // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2018. № 10. С. 45–49.
4. Tsuge O., Kikuchi Sh., Tokuda K. etc. Successful iron nuggets production at ITmk3 pilot plant // Proceedings of 61st Ironmaking Conference Proceeding, Nashville, Tenn, USA. 2002. P. 511–519.
5. Жило Н.Л. Формирование и свойства доменных шлаков. М.: Металлургия, 1974. 120 с.

Сведения об авторах

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

Потапова Марина Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: marina_potapova8@mail.ru.

Закуцкая Любовь Анатольевна – аспирант кафедры металлургии и химических технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: zakutskayalyuba@gmail.com.

Юдин Данил Владиславович – студент кафедры бизнес-информатики и информационных технологий, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ydv2002@mail.ru

УДК 004.621

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ 3D-ПЕЧАТИ*

Гаренский Д.А., Полякова М.А.

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

Аннотация. В качестве объекта исследования выбраны методы 3D-печати как интенсивно развивающееся направление развития технологий. Проведен анализ методов 3D-печати, их технологические особенности для получения изделий различного функционального назначения. Отмечены достоинства и недостатки методов. Проведенный анализ может быть использован для выбора метода 3D-печати при заданных технологических ограничениях и используемых материалах.

Ключевые слова: 3D-печать, анализ, технология, материалы, ограничения, применение.

В настоящее время методы 3D-печати становятся всё более популярными, расширяя области применения для решения широкого спектра практических задач. Отличительной особенностью данных методов является возможность получения как полуфабрикатов, так и готовых изделий практически любой формы и размеров. Концепция получения объектов методами 3D-печати основана на создании цифровой модели объекта, которая затем анализируется соответствующими устройствами. Процесс получения изделий методами 3D-печати принципиальным образом отличается от традиционных технологий промышленного производства. Если в последних получение заданной формы и размеров детали происходит в результате применения различных методов обработки металлов давлением, физического и/или химического воздействия на полупродукт, то при использовании методов 3D-печати готовое изделие получается в результате послойного нанесения материала. Другой отличительной особенностью методов 3D-печати является то, что и материал, и изделие формируются за один технологический цикл, в значительной степени сокращая время получения готового продукта.

Анализ научных источников последних лет показывает стремительный рост количества публикаций, посвященных теоретическим исследованиям и практическим аспектам применения методов 3D-печати. При этом все более актуальны вопросы сравнения методов 3D-печати, определение их возможности для изготовления изделий различного функционального назначения, существующих ограничений. Проведение такого анализа является необходимым условием для обоснования выбора конкретного метода 3D-печати среди существующих в настоящее время возможных вариантов.

В таблице представлены методы 3D-печати, выбранные для анализа в рамках данного исследования.

Методы 3D-печати

Метод	Технология	Используемые материалы
Экструзионный	Моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)	Термопластики
Проволочный	Производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF)	Практически любые металлические сплавы
Порошковый	Выборочная лазерная плавка (SLM)	Титановые сплавы, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий
	Выборочное лазерное спекание (SLS)	Термопластики, металлические порошки, керамические порошки
	Выборочное тепловое спекание (SHS)	Порошковые термопластики
	Электронно-лучевая плавка (EBM)	Титановые сплавы
	Прямое лазерное спекание металлов (DMLS)	Практически любые металлические сплавы
Струйный	Струйная трехмерная печать (3DP)	Гипс, пластики, металлические порошки, песчаные смеси
Ламинирование	Изготовление объектов методом ламинирования (LOM)	Бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	Стереолитография (SLA)	Фотополимеры
	Цифровая светодиодная проекция (DLP)	Фотополимеры

© Гаренский Д.А., Полякова М.А., 2022

*По данным Интернет-ресурсов

Одним из самых, пожалуй, простых методов 3D-печати является экструзионный метод или метод послойного наплавления. Изделие, или «модель», производится выдавливанием («экструзией») и нанесением микрокапель расплавленного материала с формированием последовательных слоев, застывающих сразу после экструдирования. Основанные на послойном последовательном нанесении слоев материала данные методы позволяют получить трехмерные объекты сложной формы. Популярность данного способа моделирования объясняется следующим факторами: простота технологического процесса, быстрота получения деталей различного назначения, использование несложного в эксплуатации оборудования. Эти факторы обусловили распространение данного метода для получения сувенирной продукции, украшений, игрушек и т.п.

Однако, несмотря на существенные преимущества, данный метод имеет и определенные ограничения. Прежде всего, использование термопластичных материалов хотя и обеспечивает гибкость процессу, в ряде случаев требует дополнительной обработки получаемых изделий. В настоящее время номенклатура выпускаемых термопластиков достаточно широка, но их использование при 3D-печати может сопровождаться вредными испарениями. Кроме того, существуют ограничения и по конфигурации получаемых деталей: в случае с большими углами наклона отдельных плоскостей необходимо использование искусственных опор, что усложняет процесс.

Проволочный метод позволяет получать изделия произвольной формы на основе электронно-лучевой плавки. Концепция данного метода основана на постройке «практически готовых форм» («Near-net-shape» в англоязычной терминологии). Иными словами, данный метод позволяет с высокой точностью воспроизводить модель при печати. Другим преимуществом метода является возможность получения объектов размерами от нескольких миллиметров до нескольких метров. Однако при этом следует учитывать, что использование электронного луча для сплавления отдельных слоев материала требует применения вакуумной камеры, что в значительной степени ограничивает возможности широкого применения данного метода 3D-печати.

Печать с использованием материалов в порошкообразном состоянии представлена широким спектром технологий. Несмотря на их технологические особенности, данные методы являются достаточно популярными среди инженеров и специалистов, занимающихся развитием 3D-печати. Так, преимуществами технологии лазерного спекания (технологии SelectiveLaserSintering или

SLS) является возможность использования различных материалов (полимеры, металлы и сплавы, композиционные порошковые материалы), обеспечение получения изделий сложной формы. Однако недостатки данной технологии, связанные с необходимостью подготовки порошка перед печатью, поддержания высокой температуры в ходе процесса, высокая стоимость оборудования в значительной степени ограничивают широкое применение данного метода 3D-печати.

SLS зачастую ошибочно принимают за схожий процесс, называемый выборочной лазерной плавкой («SelectiveLaserMelting» или SLM). Разница заключается в том, что в процессе SLS происходит лишь частичная плавка материала, что является обязательным условием спекания порошка, в то время как выборочная лазерная плавка (SLM) подразумевает полную плавку, необходимую для получения монолитных изделий. Возможность использования металлических порошков различного химического состава является явным преимуществом технологии SLM. Кроме того, данный метод позволяет создавать изделия с внутренними полостями без изготовления сложной оснастки. Такая универсальность позволяет получать изделия широкого назначения: авиационные, космическая техника, медицина, компьютерная техника и т.д. При этом следует учитывать, что материал, находящийся в порошкообразном состоянии, является химически активным, поэтому при использовании методов SLS и SLM особое внимание следует уделять использованию защитной атмосферы в камере, где происходит процесс создания детали. Другим немаловажным фактором является необходимость использования мощных лазерных установок, что в значительной степени удорожает процесс и увеличивает себестоимость получаемых изделий. Однако отмеченные недостатки компенсируются высоким качеством получаемых изделий, высокой скоростью печати, безотходностью производства.

Технология выборочного теплового спекания (SHS) основана на плавке слоев термопластического или металлического порошка с помощью теплового излучателя инфракрасного диапазона. Из этого следует, что данным методом можно печатать только материалы с низкой температурой плавления, например порошковые термопластики. При этом следует учитывать, что использование источника теплоты невысокой мощности не позволяет получать изделия высокой плотности и прочности. Поэтому для увеличения прочностных свойств следует применять повторное спекание, что усложняет процесс и увеличивает технологический цикл производства. Преимуществом данного метода 3D-печати является простота оборуду-

дования и низкая себестоимость получаемых изделий.

Исходя из названия метода, при электронно-лучевой плавке (ElectronBeamMelting или EBM) для получения изделий из металлических порошков используется электронный луч высокой мощности. Использование источника высококонцентрированной тепловой энергии позволяет получать изделия не только сложной формы, но и высокой плотности, которые по механическим свойствам практически не отличаются от литых деталей. К достоинствам использования электронно-лучевой плавки можно отнести следующее: высокое разрешение и точность движения электронного луча; способность электронного луча рассеиваться, благодаря чему материал нагревается легко и без применения дополнительных элементов; электронный пучок передвигается по поверхности быстрее, обеспечивая высокую производительность. Однако необходимость применения вакуумных камер, невысокая точность размеров получаемых изделий, высокая стоимость оборудования являются лимитирующими факторами данного метода.

Отличительной особенностью прямого лазерного спекания металлов (DMLS) от методов SLS и SLM является использование трехмерных моделей в качестве чертежей для построения физических моделей. Другой отличительной особенностью является безотходность производства, что особенно важно при использовании дорогостоящих порошковых материалов. Преимуществами данного метода печати является возможность получения деталей практически любой сложности, недоступных по сложности традиционным методам производства. Детали с комплексной геометрией могут быть выполнены целиком, а не из составных частей, что благоприятно влияет на их качество и стоимость. Однако ограниченность размеров рабочей камеры установки в значительной степени уменьшает номенклатуру производимых изделий.

Ламинирование – хорошо известный процесс получения слоистых композиционных материалов широкого назначения. Однако в настоящее время этот пример все более широко применяется для прототипирования, что является одним из видов 3D-печати. Как и при получении слоистого композита метод подразумевает последовательное склеивание полуфабриката из слоев бумаги, фольги, пластика с последующей лазерной резкой объекта заданной формы и размеров. Доступность и широкий спектр возможных используемых материалов, использование известных технологических приемов являются явными достоинствами ламинирования как процесса получения изделий.

Однако возможность расслоения получаемых изделий, небольшой выбор моделей соответствующих принтеров не способствуют широкому распространению данного метода.

Метод полимеризации в настоящее время представлен двумя технологическими процессами: стереолитография (SLA) и цифровая светодиодная проекция (DLP). Стереолитография (SLA или SL) – технология аддитивного производства моделей, прототипов и готовых изделий из жидких фотополимерных смол. Отвердевание смолы происходит за счет облучения ультрафиолетовым лазером или другим аналогичным источником энергии. Данный метод отличается высокой точностью и скоростью печати, возможностью наносить слои от 0,05 до 0,15 мм, что позволяет получать изделия в широком спектре геометрических размеров высокой сложности. Однако использование только полимерных материалов не только ограничивает области применения получаемых изделий, но также не позволяет получать изделия с высокими механическими свойствами. С момента появления технологии цифровой светодиодной проекции DLP-принтеры составляют прямую конкуренцию устройствам, работающим по технологии SLA. Несмотря на то, что в данной технологии также применяются фотополимеры, при печати на фотополимер проецируется сразу целый слой, а не отдельные участки. За счет этого скорость создания изделий повышается в несколько раз. Следует также отметить, что высота слоя может достигать 15 микрон, что обеспечивает высокую точность печати. Основным недостатком технологий SLA и DLP является относительно высокая стоимость расходных материалов.

Таким образом, проведенный анализ существующих методов 3D-печати свидетельствует о перспективности их применения для решения многих практических задач. Не ограничиваясь рамками технических и технологических возможностей, методы прототипирования являются перспективным направлением развития технологических процессов, которые основаны на принципиально новых подходах к конструированию деталей разных форм и размеров. Это открывает широкие перспективы для поиска новых вариантов организации производства изделий различного назначения.

Список литературы

- <http://3dprofy.ru/modelirovanie-metodom-poslojnjogo-na/>
- <http://3dprofy.ru/vyborochnoe-lazernoe-spekanie-sls/>
- https://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/sls-tech/
- <http://3dprofy.ru/vyborochnoe-teplovое-spekanie-shs/>
- <http://3dprofy.ru/vnedrenie-vyborochnoj-lazernoj-plavk/>
- https://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/slm-tech/

<http://3dprofy.ru/proizvodstvo-ehlektronno-luchevojj-pla/>
<https://3d-expo.ru/article/proizvodstvo-elektronno-luchevoy-plavkoj-ebf-tehnologiya-i-primenenie-80098>
<http://3dprofy.ru/ehlektronno-luchevaya-plavka-ebm/>
<http://3dprofy.ru/pryamoe-lazernoe-spekanie-metallov-dmls/>
https://3dtoday.ru/wiki/DMLS_print

<http://3dprofy.ru/izgotovlenie-obektov-metodom-lamin/>
<http://3dprofy.ru/stereolitografiya-sla/>
<http://3dprofy.ru/cifrovaya-svetodiodnaya-proekciya-dlp-v-3d-pe/>
https://3dtoday.ru/wiki/DLP_print
<https://3ddevice.com.ua/dlp-3d-pechat/>

Сведения об авторах

Гаренский Денис Алексеевич – обучающийся гр. МНб-21-1, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: GarenskiyDA@mail.ru

Полякова Марина Андреевна – доктор технических наук, профессор кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: m.polyakova@magtu.ru

УДК 004

УСТРОЙСТВА И ОБЪЕКТЫ ДЛЯ УМНОГО ДОМА

Дуденков М.А.

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

Аннотация. В данной статье будет рассказано о системах, которые позволяют облегчить быт и жизнь человека, уменьшить временные затраты на домашний труд и увеличить время на отдых. На сегодняшний день существует обильное многообразие помощников умного дома. Например, сигнализации, видеонаблюдение, датчики освещения, управления температурой, влажностью воздуха и т.д.

Ключевые слова: умный дом, современные технологии, дом, датчики, устройства.

Введение

В нынешнее время нельзя представить свою жизнь без современных технологий. Каждый день человек выполняет сотни, а то и тысячи действий, которые могут быть уже автоматизированы. Даже самые простые действия, такие как включение освещения, чайника и мн. др. можно сделать автоматическими. Умный дом – система домашних устройств, способных выполнять действия и решать определённые повседневные задачи без участия человека [1]. Эта система основана на различных алгоритмах, которые позволяют ей автоматически выполнять те или иные действия. Например, система включения освещения способна включаться, когда сработает датчик движения. Одно из главных преимуществ этой системы – это экономия электроэнергии.

Началом к упрощению жизни человека стало создание первых бытовых приборов в начале 20-го века. В пример можно привести создание первой стиральной машины в 1935 году, которая позволила частично автоматизировать процесс стирки.

Первым примером умного дома стал шестикомнатный дом американского инженера Эмиля Матиаса. В 1950 году в журнале «Popular Mechanics» о нем вышла статья «Push-Button Manor» [2]. Помещение было оборудовано большим количеством устройств и кнопками для управления ими (рис. 1). Матиас мог нажатием кнопки открывать дверь гаража, включать и выключать радио на расстоянии, помимо этого дом имел сигнализацию и многое другое. Все кабели и оборудование были спрятаны в полу или стенах дома.

В 1984 году американская Ассоциация жилищно-строительных компаний для домов с использованием автоматизации ввела термин «умный дом» (smart house) [3].

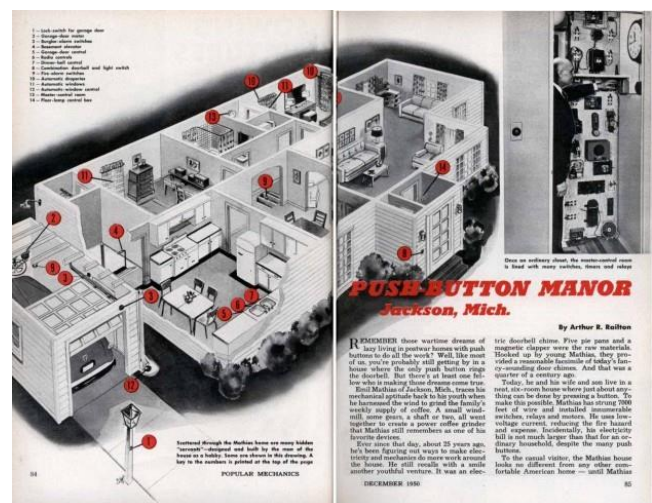


Рис. 1. Дом с кнопками и двумя километрами кабеля [2]

В 1999 году компания Disney сняла фильм об умном доме, начавшем самостоятельную жизнь

По некоторым данным общее количество умных домов на 2022 год составляет около 150 миллионов штук.

Обычно система умного дома состоит из двух или трех типов устройств:

- хабов (иными словами контроллеров);
- датчиков;
- актуаторов.

Хаб – это мозговой центр нашего умного дома. Подключаясь в электрическую сеть и сеть Wi-Fi, он собирает информацию со всех датчиков воедино и управляет ими. Он не обходим, поскольку у большинства датчиков нет возможности подключения, поэтому они работают от обычных аккумуляторов. Примеры хабов: Xiaomi Mi Smart Home Hub; Redmond SkyCenter; «Яндекс.Станция» [4].

Датчики (сенсоры) – устройства для сбора информации и передачи ее хабу. Примеры: датчик утечки газа Rubetek; датчик открытия окон и дверей Life Control.

Актуаторы – устройства, исполняющие команды. Это большая группа устройств, в которую входят выключатели, розетки и мн. др.

Все эти устройства связаны радиосигналами, работающими на определенной частоте. Самые распространенные стандарты радиосвязи для домашней автоматизации – Z-Wave, ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth [5].

Умный дом – это совокупность различных систем автоматизации (рис. 2). Их можно использовать как по отдельности, так и все вместе.



Рис. 2. Виды системы умного дома [6]

Первая система, которую мы рассмотрим, – это система управления климатом. Одно из самых распространенных устройств умного дома. Оно позволяет выставить необходимые владельцу дома параметры температуры, влажности воздуха [7]. Также можно выбрать конкретное время работы, и во время вашего отсутствия система сэкономит не только ресурсы оборудования, но и электроэнергию, что, по моему мнению, является более важным фактором. В зависимости от климатических условий такая система может экономить до 40% электроэнергии в год.

Вторая по частоте использования в умных домах система – это система управления освещением. Она дает возможность дистанционно включать/выключать свет и регулировать уровень яркости. Помимо этого, можно установить датчики движения, которые позволят устройству автоматически включать свет.

Третья система – управление розетками. Данная система позволяет контролировать все электроприборы в доме. Через приложение на смартфоне человек может контролировать каждую розетку и управлять ими по отдельности. Например, такая розетка поможет избавиться от распространенной проблемы – оставленного включенным утюга.

Четвертая система – видеонаблюдение. Она позволяет следить за своим домом на расстоянии. Видеоматериал с камер передается на сервер, где тот хранится определенное количество времени, в зависимости от объема накопителя.

Пятое – различные системы сигнализации. Сигнализации в умном доме бывает нескольких видов: пожарная, охранная, сигнализация от протечек воды и др. Все эти устройства созданы с целью предотвращения нежелательных чрезвычайных ситуаций.

Описанные выше примеры являются лишь частью существующих систем умного дома. В настоящее время технологии развиты настолько, что можно автоматизировать уборку дома или если мы говорим о территории вокруг дома, то можно установить автополив газона и мн. др. Стоит отметить, что у всех этих систем есть не только преимущества, но и недостатки.

Преимущества систем умного дома:

- экономия оплаты услуг ЖКХ;
- экономия времени;
- безопасность;
- возможность удаленного управления;
- многофункциональность.

Недостатки систем умного дома:

- стоимость устройств;
- трудности в установке;
- возможность взлома системы;
- трудности с интеграцией и ремонтом оборудования от разных брендов [8].

Большую часть рынка систем умных домов занимает США, но по прогнозам специалистов к 2026 году лидерство займут страны Европы [9]. Суммарная стоимость устройств умного дома составляла 78,8 млрд дол. в 2020 году, к 2026 году ожидается рост до 207,8 млрд дол. (рис. 3).

В заключение хотелось бы сказать, что системы умного дома, отвечающие за комфорт и безопасность жизни, могут использовать разные типы граждан – от молодежи до пенсионеров и людей с ограниченными возможностями. Различные модификации устройств помощников могут сделать функциональным жилище любого типа.

Установка различных детекторов – важное условие создания умного дома. Каждый из них выполняет свою конкретную задачу и является важным звеном централизованной системы управления. Удобно то, что из многообразия устройств можно выбрать подходящую, в зависимости от целей и бюджета.

Практическое использование таких систем дает возможность совершенствовать и добавлять новые функции, исходя из желаний пользователей.

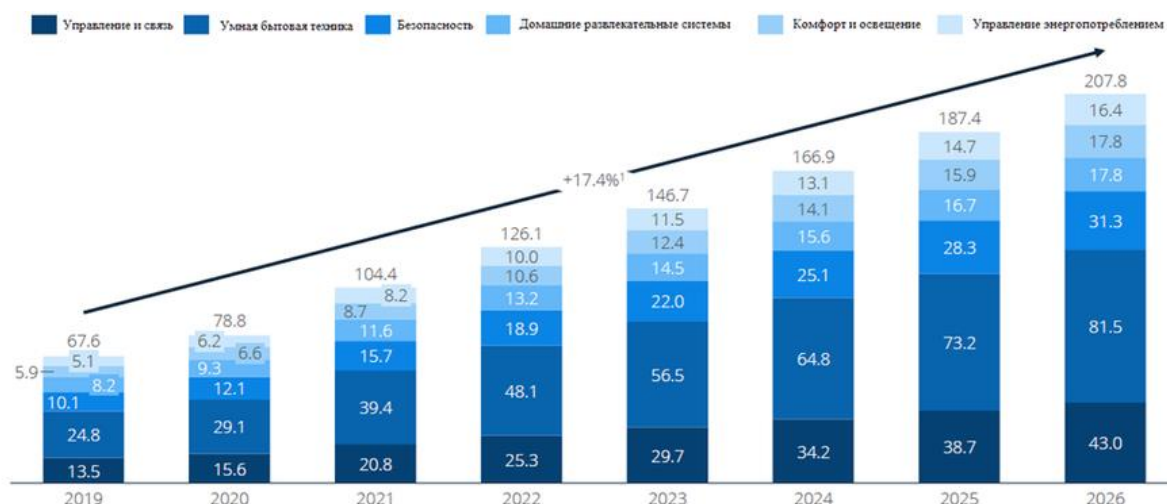


Рис. 3. Стоимость устройств умного дома [9]

Список литературы

1. Домашняя автоматизация [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%BD%D1%8F%D1%8F%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>
2. Первый умный дом в истории [Электронный ресурс]. URL: <http://integral-d.ru/stati/pervyj-umnyj.html>
3. История умного дома [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyhouse.ru/blog/umnyj-dom/istoriya-umnogo-doma>
4. Что такое «умный» дом, из чего он состоит и зачем нужен [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/606d99c19a7947b14fe9c2d6>
5. Z-Wave и ZigBee. 869 и 868 МГц. Стандарты и частоты умного дома [Электронный ресурс]. URL: <https://www.smahem.com/smarthome/smart-home-standards/>
6. Электромонтаж оборудования 220V квартир и домов [Электронный ресурс]. URL: <https://2shemi.ru/elektromontazh-oborudovaniya-220v-kvartir-i-domov/>
7. Климат контроль для дома и квартиры: устройство и преимущества системы + тонкости выбора и монтажа [Электронный ресурс]. URL: <https://sovet-ingenera.com/umnyj-dom/klimat-kontrol-dlya-doma.html>
8. Зачем нужна система умный дом – 10 «ЗА» и «ПРОТИВ» [Электронный ресурс]. URL: <https://kievnovbud.com.ua/stati/zachem-nuzhna-sistema-umnyj-dom-10-za-i-protiv>
9. Рынок технологий Умного дома 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: https://rdc-grfc.ru/turbopages.org/rdc.grfc.ru/s/2022/02/smart_home_market/

Сведения об авторах

Дуденков Максим Андреевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» г. Магнитогорск. E-mail: maksim.dudenkov.1999@mail.ru

УДК 621.771.262

ДЕТАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОКАТКИ РЕЛЬСОВ

Новожилов И.С.¹, Рубцов В.Ю.²¹УК «Металлинвест», Нижний Тагил²АО «ЕВРАЗ-НТМК», Нижний Тагил

Аннотация. В статье рассмотрено влияние различных начальных условий при моделировании рельсов на достоверность процесса моделирования, например наклон калибра, который влияет на скручивание полосы. На приведенных примерах доказано, что для получения адекватной и максимально достоверной картины процесса прокатки при моделировании необходимо проектировать и учитывать конструктивные особенности привалковой арматуры. Для рельсобалочного стана АО «ЕВРАЗ НТМК», на котором в настоящий момент происходит техническое перевооружение, разработаны калибровки и привалковая арматура для прокатки рельсов, а в качестве проверочного расчета производится моделирование процесса прокатки.

Ключевые слова: рельс, привалковая арматура, прокатный валок, моделирование, прокатка, начальные условия, граничные условия.

В настоящее время в рамках проекта «Технического перевооружения рельсобалочного цеха с расширением сортамента выпускаемой продукции» на АО «ЕВРАЗ НТМК» приступили к реконструкции основных агрегатов технологического потока, в частности к строительству здания участка охлаждения рельсов, для того чтобы перевести существующее производство 25-метровых рельсов на возможность изготовления и отгрузки более перспективных 50-метровых.

До осени 2024 года также планируется произвести:

- замену основной линии стана, с установкой второй обжимной клетки, группы универсальных клеток тандем и чистой универсальной клетки, для возможности получения широкого сортамента профилей;

- организацию участка дифференцированной закалки рельсов с целью ухода от объёмной закалки в масле, что существенно повысит как качество термообработки, так и экологичность производства.

- организацию участков сборки клеток, подготовки сменного оборудования, грязного оборотного цикла и других вспомогательных объектов для освоения в 2025 году 28 сортовых и фасонных профилей.

При этом одной из основных задач остается улучшение качества железнодорожных рельсов для возможного выхода на мировые рынки.

Повышение точности геометрических параметров будет достигнуто в первую очередь особенно-

стью оборудования, разработанного и поставляемого компанией Danieli, включая жесткость клетей, а также изготовление прокатных валков с высокой точностью нарезки калибров и автоматизацию настройки стана с высокой точностью позиционирования элементов клетки. Однако, опираясь на опыт освоения рельсов коллегами на ЗСМК, даже имея в наличии современный стан с высокоточными механизмами, для достижения стабильного получения требуемой точности геометрии рельсов потребовалось несколько лет с непрерывными корректировками параметров калибров.

В целях сокращения затрат при освоении новых профилей за последние годы все чаще применяют моделирование МКЭ, в частности в программе Deform-3D, с проверкой технологических и энергосиловых параметров. Существует множество работ по моделированию рельсов, где в качестве граничных условий были заданы температурные параметры, условия трения, свойства материала и т.д. [1-4]. Модели показывают распределение температур, обжатий и напряжений по сечению профиля. В более поздних версиях Deform 3-D при моделировании также стало учитываться скручивание полосы [5], что отражает влияние таких условий, как несимметричность профиля, разница диаметров валков или наклон калибров. На рис. 1 изображен процесс прокатки рельса с разным наклоном калибра.

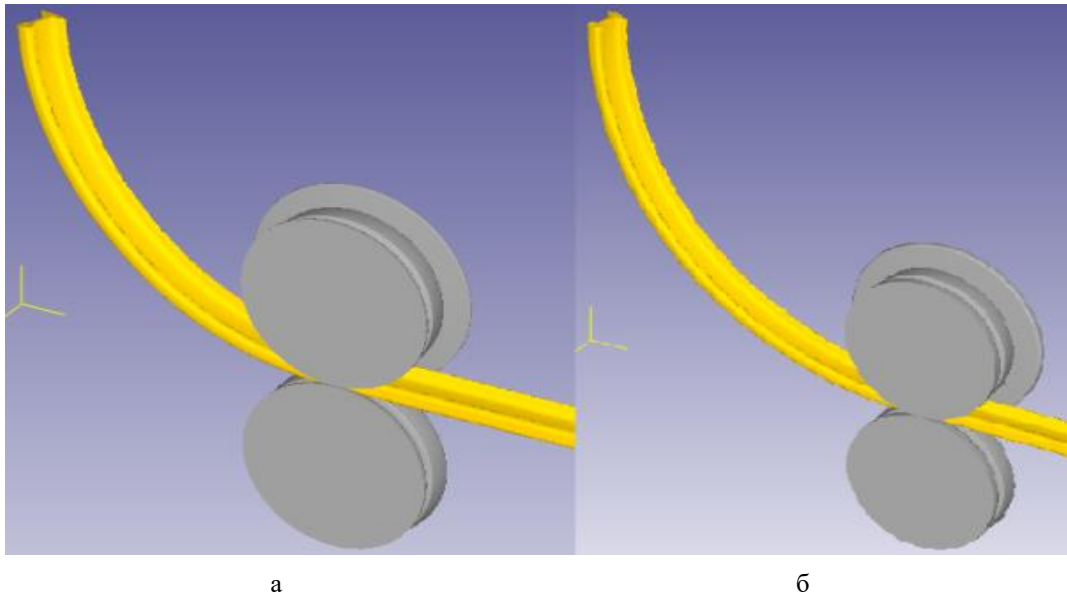


Рис. 1. Модель прокатки рельсов при угле наклона калибра: а – 8%; б – 5%

Модель показывает, что при 8%-м наклоне калибра (рис. 1, а) скручивание проявляется меньше, чем при 5% (рис. 1, б). Данная модель необходима для анализа распределения обжатий и контактных напряжений, возникающих от контакта с валками, а также возможного поведения полосы при идеальных условиях. Однако данная модель не может быть использована как рабочая, так как в ней не будут учтены нагрузки и напряжения, которые возникают от воздействия привалковой арматуры на прокат. Несмотря на то, что арматура может иметь существенно сложную конструкцию [6], для получения максимально достоверного результата исследований необходимо детально проектировать не только валки, но и привалковую арматуру в качестве начальных условий. Влияние арматуры существенно, так как контакт полосы с привалковой арматурой может иметь большую площадь, чем контакт с самими валками. В качестве примера на рис. 2 показан валок универсальной клетки в сборе с направляющими проводками в сборе.

После расчёта калибровки валков произведена разработка привалковой арматуры с учетом свариваемости и собираемости конструкции. На рис. 3 представлена 3D-модель привалковой арматуры обжимной клетки для прокатки рельса Р-65 на новом рельсобалочном стане.

Арматура состоит из сваренных оснований, в которые установлены направляющие проводки и боковые твердосплавные пластины в виде съемных линеек. Проводки и пластины взаимодействуют с полосой в процессе прокатки. Данные элементы со стороны входа полосы имеют функцию задачи полосы в калибр. Проводки и линейки, установленные со стороны выхода полосы из

калибра, уже предназначены не только для удержания полосы, но и могут создавать противодействие при изгибании полосы для сохранения её дальнейшей прямолинейности.



Рис. 2. Валок универсальной клетки для прокатки рельса в сборе

На рис. 4, а изображен процесс прокатки рельса, где не было учтено влияние привалковой арматуры на поведение полосы, а на рис. 4, б 3D-модель арматуры участвовала при взаимодействии с полосой (ей был задан контакт, интерференция с полосой и трение по Зибелю 0,7 – такое же, как между полосой и валком). В итоге видно, что поведение полосы более достоверно показано на рис. 4, б, что доказывает необходимость дальнейшего проектирования процесса прокатки с учетом конструктивных особенностей привалковой арматуры.

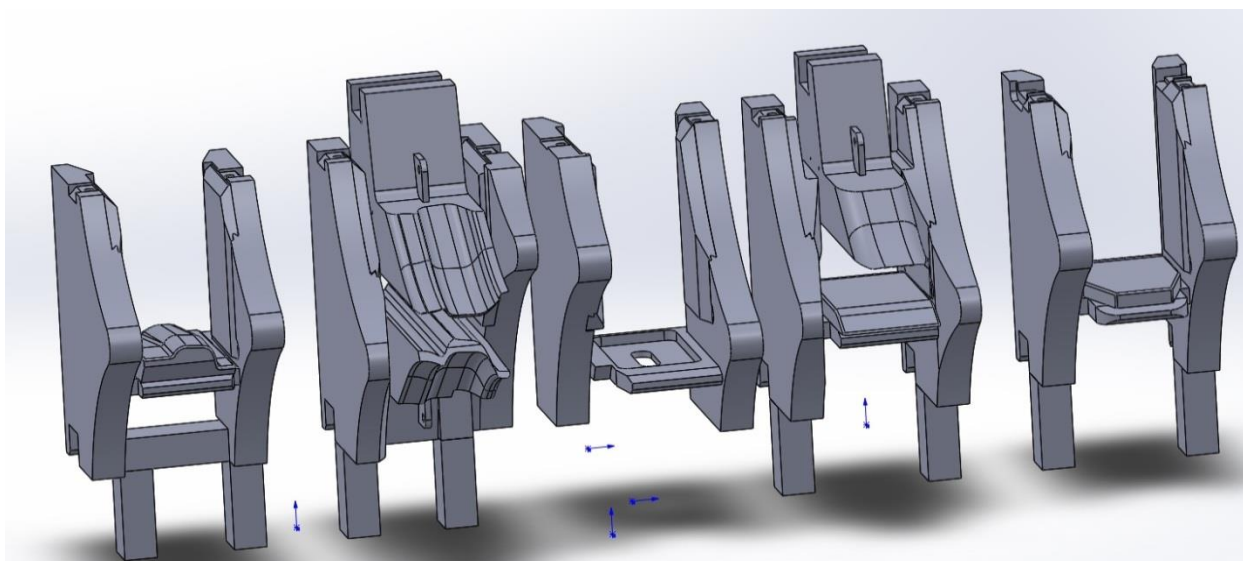


Рис. 3. 3D-модель привалковой арматуры обжимной клетки

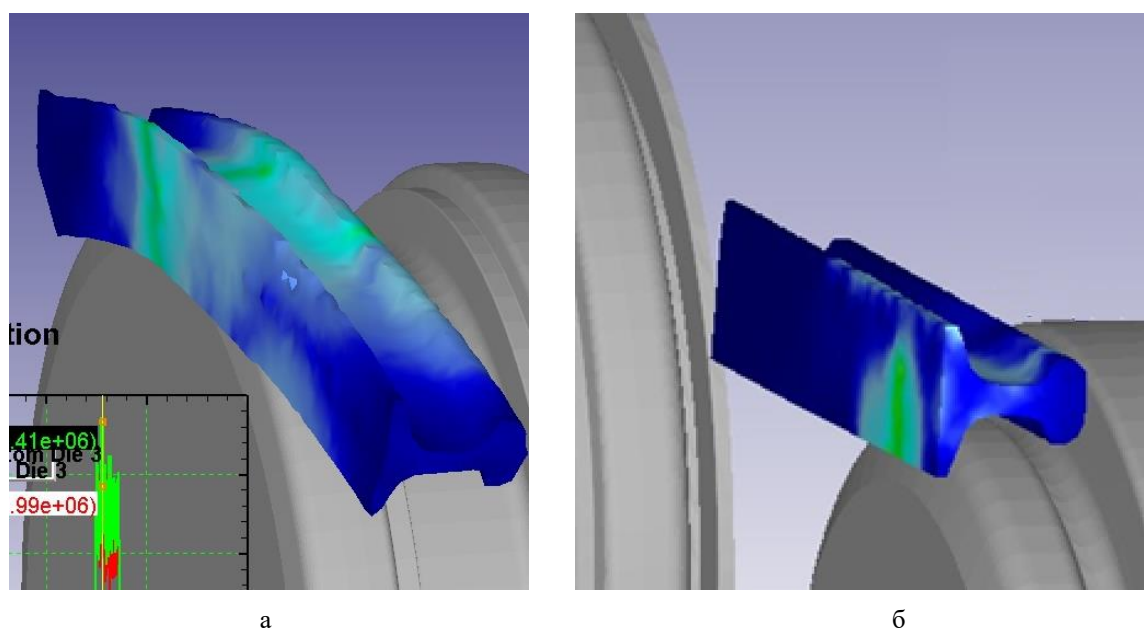


Рис. 4. Модель прокатки рельсов: а – без учета привалковой арматуры; б – с учётом привалковой арматуры

Выводы:

1. Современные программные комплексы, в том числе Deform 3D, позволяют произвести проверку правильности расчета калибровки валков, а также спрогнозировать поведение полосы, например её скручивание в зависимости от наклона калибра.

2. Максимально достоверные результаты моделирования возможно получить только с учетом влияния привалковой арматуры на процесс прокатки. Поэтому рекомендуется производить её проектирование еще на этапе разработки калибровки и при дальнейшей проверке на моделировании процессов, несмотря на сложность, учитывать все её конструктивные особенности.

Список литературы

1. Шилов В.А., Скосарь Е.О., Шварц Д.Л. Моделирование методом конечных элементов в системе DEFORM-3D температурных полей и напряженного состояния металла при прокатке длинномерных рельсов // Metallurgy 2013. A collective monograph edited by Anna Kawalcki. Series: Monographs № 30. Czestochowa, 2013. С. 100–108.
2. Шилов В.А., Литвинов Р.А., Шварц Д.Л. Компьютерное моделирование процесса прокатки рельсов в универсальных калибрах // Современные металлургические материалы и технологии (СММТ-2009): труды Международной научно-технической конференции. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2009. С. 73–74.

3. Шилов В.А., Литвинов Р.А., Шварц Д.Л. Моделирование процесса прокатки рельсов в универсальных калибрах // Производство проката. 2009. № 8. С. 20–25.
4. Новожилов И.С., Непряхин С.О., Рубцов В.Ю. Постановка задачи к определению начальных условий при моделировании прокатки рельсов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2022. Т. 78. №3. С. 242-249.
5. Исследование напряженного состояния полосы при моделировании прокатки профиля Z для хребтовой балки железнодорожных вагонов / В.В. Курочкин, П.А. Алыпов, В.Ю. Рубцов, К.А. Улегин // Сталь. 2020. №6. С. 28-31.
6. Разработка технических и технологических решений для совершенствования процесса прокатки-разделения на стане 370 ПАО «ММК» / С.А. Левандовский, О.Н. Тулупов, А.Б. Моллер, Д.И. Кинзин // Калибровочное бюро. 2021. №19. С.11-15.

Сведения об авторах

Новожилов Илья Сергеевич – руководитель отдела инвестиций УК «Металлинвест», г. Нижний Тагил.

Рубцов Виталий Юрьевич – кандидат технических наук, главный специалист по производству рельсов, АО «ЕВРАЗ-Нижнетагильский металлургический комбинат», г. Нижний Тагил. E-mail: UriyIot@mail.ru

УДК 544.72

МОДЕЛЬ КАПИЛЛЯРНОГО ВПИТЫВАНИЯ ПОРИСТЫМ ТЕЛОМ ЖИДКОЙ КАПЛИ С КОНЕЧНОЙ ПЛОЩАДЬЮ КОНТАКТА НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-СЕРЕБРО

Петров И.С., Жевненко С.Н.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Новотроицк

Аннотация. В данной работе предложена модель пропитки пористого тела каплями расплава конечного размера и проведены модельные эксперименты по высокотемпературному впитыванию (инфильтрации). Железные пористые подложки были получены спеканием порошка средним размером 10 мкм и пористостью 40-45%. В качестве инфильтрата был использован расплав серебра чистотой 99,999 % вес. Ag. Пропитка была произведена в температурном интервале 1020–1150°C в вакууме 10^{-5} мм рт. ст. В экспериментах были получены серии фотографий впитывающейся капли серебра на пористом железе, снятых с помощью высокоскоростной камеры. В результате обработки серии снимков были получены временные зависимости объема расплава, впитавшегося в подложку, диаметра пятна контакта. По экспериментальным данным были рассчитаны временные зависимости скоростей фронта пропитки и построены геометрические профили движения расплава внутри пористого тела. Контактные углы смачивания были определены экспериментально на плоских литых железных образцах.

Ключевые слова: пропитка, пористые тела, контактный угол смачивания, высокоскоростная съемка.

Введение

Высокотемпературная пропитка является важным технологическим процессом. Условия и параметры пропитки пористых тел расплавами металлов играют важную роль для таких процессов, как производство псевдосплавов [1-2] и других композиционных материалов, пайка, сварка.

Фильтрация – движение жидкости или газа через пористую среду под действием каких-либо факторов. Вне зависимости от факторов, вызывающих фильтрацию (сила тяжести, капиллярные силы), речь всегда идет о движении жидкости по сложной системе сообщающихся между собой каналов [3].

Как правило, внутренняя поверхность порового пространства имеет случайную структуру, поэтому прямое описание движения жидкости невозможно. В большинстве случаев реальные линейные размеры систем много больше характерного размера пор. Это позволяет при описании таких систем использовать усредненные характеристики.

Важной характеристикой пористой среды является пористость [4], равная отношению объема пор в образце к объему образца.

Базовая модель пропитки

Простейшую модель пропитки можно представить как движение жидкости по трубке, заполненной порошком. Жидкость может проходить

только через пустоты – поры. При этом объемный расход жидкости можно оценить как произведение скорости движения жидкости на площадь поперечного сечения, приходящуюся на поры:

$$Q = vSp = vS_{\text{п}}, \quad (1)$$

где Q – объемный расход жидкости; v – скорость движения жидкости; S – площадь поперечного сечения трубки; $S_{\text{п}}$ – часть площади поперечного сечения, приходящаяся на поры; p – пористость среды.

Согласно модели Лукаса–Уошборна [5-8] путь пропитки можно рассчитать как

$$H^2 = \frac{R\gamma_{lv}\cos\theta}{2g}t, \quad (2)$$

где H – путь пропитки; R – радиус капилляра; γ_{lv} – поверхностное натяжение пропитывающей жидкости; θ – краевой угол смачивания; g – вязкость пропитывающей жидкости; t – время.

Модель пропитки пористого тела каплей жидкости (расплава)

Обычно эксперименты по измерению скорости пропитки проводят, окуная пористый образец в расплав целиком или его основание. В экспериментах авторов расплав выдавливается из дозатора в виде капли небольшого размера (диаметром 0,5-2 мм) [9]. Попадая на поверхность подложки, капля приобретает Лапласову форму [10] и впи-

тывается. При такой методике проведения эксперимента важную роль в описании процесса играет диаметр пятна контакта d_c капли расплава с поверхностью пористой подложки (рис. 1).

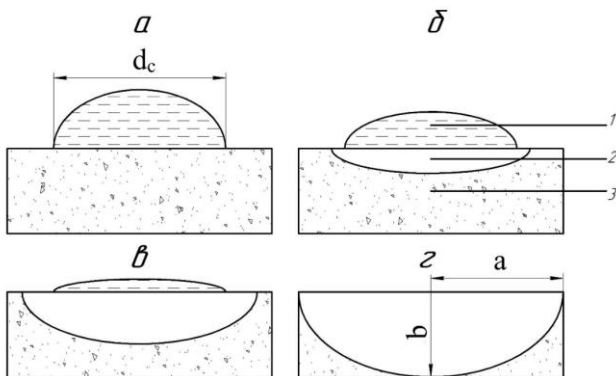


Рис. 1. Схема пропитки:

а-г – последовательные стадии пропитки;
 1 – капля расплава; 2 – пропитанная область образца;
 3 – пористый образец; a, b – большая и малая полуоси эллипсоида, описывающего фронт пропитки

Учет фактора конечного диаметра пятна контакта приводит к тому, что фронт движущейся по пористому телу жидкости не является сферическим. В связи с этим в качестве объемной фигуры, описывающей фронт пропитки, был выбран сплюснутый сфероид-эллипсоид, который в декартовой системе координат по осям x и y имеет большие полуоси a , а по оси z меньшую – b (рис. 2).

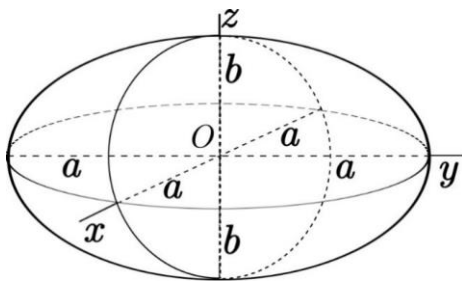


Рис. 2. Схематическое изображение сплюснутого сфероида, описывающего форму фронта пропитки

Изменение размера полуосей в зависимости от времени можно описать следующими формулами:

$$a(t) = ut + \frac{d_c}{2}; \tag{3}$$

$$b(t) = ut, \tag{4}$$

где u – скорость фронта пропитки; d_c – диаметр пятна контакта капли расплава с пористой подложкой; t – время.

Подставляя значения полуосей в объем сфероида (формула (5)), получается выражение для зависимости объема сфероида от времени (формула (6)):

$$V_{spd} = \frac{4}{3} \pi a^2 b; \tag{5}$$

$$V_{spd}(t) = \frac{4}{3} \pi \left(ut + \frac{d_c}{2} \right)^2 ut = \frac{4}{3} \pi \left[u^3 t^3 + u^2 t^2 d_c + \frac{d_c^2}{4} ut \right], \tag{6}$$

где V_{spd} – объем сфероида.

Поскольку фигура фронта пропитки представляет собой половину сплюснутого сфероида, выражение (6) примет вид:

$$V_{spd}(t) = \frac{2}{3} \pi \left[u^3 t^3 + u^2 t^2 d_c + \frac{d_c^2}{4} ut \right]. \tag{7}$$

Выражение для объема сфероида можно записать следующим образом:

$$V_{spd} = \frac{V_{sp}}{p}, \tag{8}$$

где V_{sp} – объем капли расплава на поверхности пористой подложки; p – пористость подложки.

В конечном результате получается выражение

$$u^3 + \frac{d_c}{t} u^2 + \frac{d_c^2}{4t^2} u - \frac{3V_{sp}}{2\pi p t^3} = 0. \tag{9}$$

Решая уравнение (9) относительно скорости фронта пропитки, можно получить значения скоростей фронта пропитки.

Экспериментальная верификация модели.

Подготовка образцов

Для проведения экспериментов по пропитке железа каплями расплавов серебра из порошка железа ОСЧ-6-2 были подготовлены пористые подложки по схеме, показанной на рис. 3. В алундовый тигель засыпали железный порошок со средним размером частиц 10 мкм. Формирование плоскопараллельных цилиндрических подложек было осуществлено путем придавливания железного порошка алундовым поршнем. Спекание образцов проводили в защитной атмосфере $Ag + 10\%N_2$ при температуре 400°C в течение 1 часа.



Рис. 3. Схема формирования пористой подложки

Пористые спеки представляли собой цилиндры диаметром 10 мм и высотой 5–10 мм. Плотность образцов определяли измерением геометрических размеров (диаметр и высота спека) и веса. Сравнивая с плотностью железа [11], для каждого образца была определена пористость, которая составила 40–45 %.

Методика пропитки и схема экспериментальной установки

Эксперименты по пропитке были проведены в установке, показанной на рис. 4 и подробно описанной в [9]. Пористую подложку помещали на нижний подвижный столик. Дозатор серебра, показанный на рис. 5, помещали в нагреватель над подложкой. В течение эксперимента вакуум в установке поддерживали на уровне 10^{-6} мм рт. ст. с помощью форвакуумного и диффузионного насосов. Эксперименты были проведены при различных температурах в интервале 1000–1150°C. Процесс пропитки фотографировали с помощью высокоскоростной и инфракрасной камер.

В результате проведения экспериментов по пропитке были получены серии фотографий (рис. 6), полученных с частотой 200–1000 к/с. Снимки обрабатывали с помощью программных комплексов. Каждая фотография соответствовала известному моменту времени, из них определяли объем капли расплава на поверхности подложки, диаметр пятна контакта. Зависимость впитавшегося объема от времени приведена рис. 7.

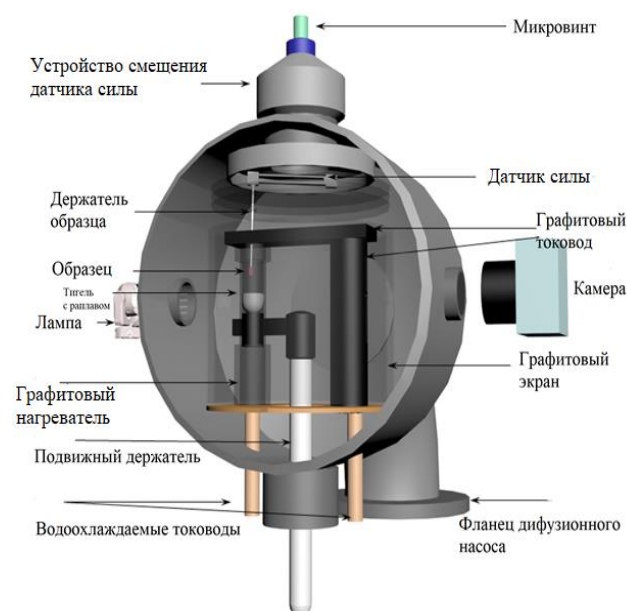


Рис. 4. Схема экспериментальной установки для исследования высокотемпературных капиллярных процессов

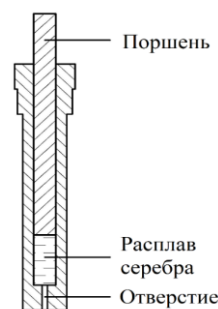


Рис. 5. Схема дозатора для формирования капель расплава

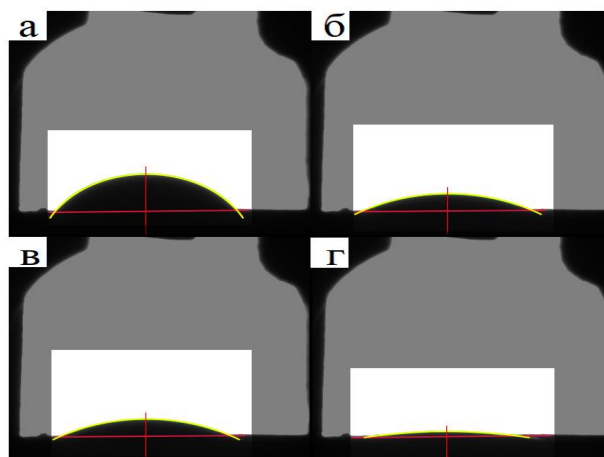


Рис. 6. Серия снимков, полученных с высокоскоростной камеры:

а–г – стадии пропитки с момента переноса капли расплава на пористую подложку до ее полного впитывания

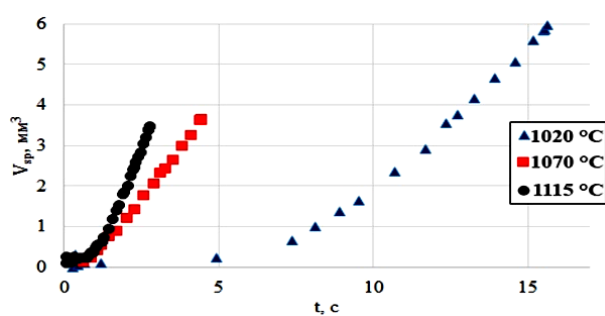


Рис. 7. Временная зависимость объема расплава, впитавшегося в подложку, при разных температурах

Графики временной зависимости объема впитавшегося расплава имеют нелинейный вид, как это и следует из предложенной модели. Можно увидеть, что с повышением температуры увеличивается скорость впитывания. Диаметр пятна контакта для приведенных графиков приблизительно одинаков, в модели предполагается постоянная площадь впитывания. Начальный момент времени, при котором происходит увеличение контактного диаметра (растекание) и конечный, не принимаются в расчет вследствие меняющейся площади.

Кинетические зависимости были обработаны в соответствии с выражением (9) и получены зависимости скоростей фронта пропитки от времени, пример которой показан на рис. 8.

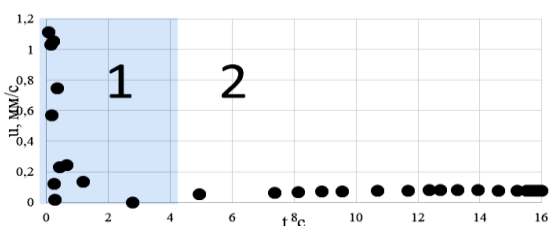


Рис. 8. Зависимость скорости фронта пропитки от времени при $T=1020\text{ }^{\circ}\text{C}$

Из графика 8 можно выделить две стадии:

1) неустановившаяся, с быстроменяющейся скоростью фронта пропитки. Форма капли на поверхности меняется вследствие диссипации кинетической энергии. Этот процесс может как ускорять впитывание (капля прижимается к подложке в момент падения), так и замедлять (капля «отскакивает»);

2) установившаяся, капля принимает Лапласову форму и пропитка происходит с постоянной скоростью.

По измеренным зависимостям скоростей фронта пропитки с помощью описанной модели построены профили пропитки на установившейся стадии. Пример такого профиля показан на рис. 9 (цветные линии соответствуют профилям фронтов пропитки в различные моменты времени T_1 - T_6 , черная линия показывает диаметр пятна контакта в начальный момент времени установившейся стадии).

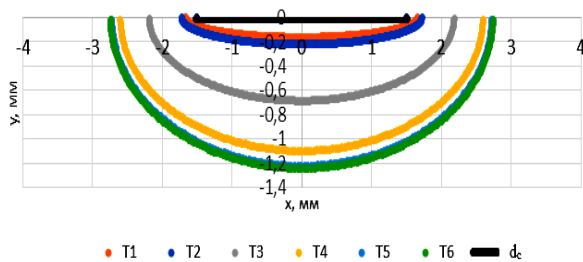


Рис. 9. Вид фронта пропитки при $T=1020\text{ }^{\circ}\text{C}$ в различные моменты времени T (черная линия показывает начальный диаметр пятна контакта)

Из пропитанных образцов были сделаны поперечные шлифы и исследованы на растровом

электронном микроскопе. Результаты микроскопии показали, что форма пропитанной области образца имеет эллиптический профиль и качественно подтверждает теорию.

Заключение

По результатам проведенных исследований была разработана геометрическая модель пропитки пористых тел каплей расплава с диаметром пятна контакта конечного размера. Модель была верифицирована экспериментально на системе серебро (расплав)-железо (пористое тело). Эксперименты показали применимость предложенной модели для пропитки пористых порошковых спеков.

Благодарность

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-10160).

Список литературы

1. Wang Y., Zhuo L., Yin E. Progress, challenges and potentials/trends of tungsten-copper (WCu) composites/pseudo-alloys: Fabrication, regulation and application // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2021. Т. 100. С. 105648.
2. Zhuo L. et al. Infiltrated tungsten-copper composite reinforced with short tungsten fibers // Vacuum. 2020. Т. 173. С. 109123.
3. Леонтьев Н.Е. Основы теории фильтрации: учеб. пособие. М., 2017.
4. Попель С.И. Поверхностные явления в расплавах. М.: Металлургия, 1994. 432 с.
5. Lucas R. Ueber das Zeitgesetz des kapillaren Aufstiegs von Flüssigkeiten // Kolloid-Zeitschrift. 1918. Т. 23. №. 1. С. 15-22.
6. Washburn E. W. The dynamics of capillary flow // Physical review. 1921. Т. 17. №. 3. С. 273.
7. Chebbi R. Dynamics of liquid penetration into capillary tubes // Journal of colloid and interface science. 2007. Т. 315. №. 1. С. 255-260.
8. Li K. et al. Criteria for applying the Lucas-Washburn law // Scientific reports. 2015. Т. 5. №. 1. С. 1-7.
9. Zhevnenko S. N., Gorshenkov M. V., Petrov I. S. Effect of B on improving wetting and imbibition of sintered porous Ta by Cu melt // Journal of Alloys and Compounds. 2021. V. 860. P. 157886.
10. Русанов А.И., Прохоров В.А. Межфазная тензиометрия. СПб.: Химия, 1994. 400 с.
11. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: справочное издание. Металлургия, 1989.

Сведения об авторе

Жевненко Сергей Николаевич – доктор физико-математических наук, доцент кафедры физической химии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Новотроицк. E-mail: zhevnenko@misis.ru

Петров Иван Сергеевич – аспирант кафедры физической химии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Новотроицк. E-mail: ioannespetrovus@gmail.com

УДК 669.13.018

КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСНО-ЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ РАЗУПОРЯДОЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ РАСПЛАВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЖИМОВ ВТОР

Потапов М.Г., Юмабаев А.А., Гуляев Ю.Е.

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

Аннотация. В работе представлены исследования по разработке режимов ВТОР для комплексно-легированных чугунов специального назначения. Рассчитаны параметры зоны разупорядочения и доли кластеров. Приведены исследование по влиянию ВТОР на микроструктуру, износостойкость и механические свойства легированного чугуна. Согласно расчетным данным по температуре разупорядочения кластеров $T_{раз}^0$ представлена классификация режимов ВТОР для комплексно-легированных чугунов специального назначения.

Ключевые слова: комплексно-легированный износостойкий чугун, высокотемпературная обработка расплава, микроструктура, твердость, износостойкость, прочность, время выдержки, специальные свойства, механические свойства, температура разупорядочения, зона кластеров, доля кластеров, температура солидус и ликвидус, квазиполикристаллическая модель, теплота плавления.

Введение

Во время плавления металла кристаллическая фаза полностью не разрушается, а частично сохраняется в образовавшемся расплаве в виде кластеров. Образование кластерной структуры расплава при плавлении шихты связывается с его исходной зеренной и субзеренной структурой [1, 2]. С каждым переплавом и с применением вторичного металлического лома в стандартных условиях переплава повышается неравновесное состояние, которое усиливает химическую и физическую неоднородность твердого металла, снижая его служебные характеристики. На неравновесное состояние металлических расплавов заметное влияние оказывает так называемая металлургическая наследственность, то есть находящиеся мелкодисперсные частицы в расплаве при стандартных температурах выплавки не полностью растворяются в металле, оказывая влияние на свойства металла как в жидком, так и твердом состоянии, резко снижая технологические и служебные свойства. Явление «металлургическая наследственность» можно понять как следствие возможности длительного существования металлов и сплавов в неравновесных состояниях по обе стороны фазового перехода «кристал – расплав» [3].

В.И. Никитин представил схему строения реальных расплавов как систему элементов структуры расплава и взаимосвязанных с ними элементов

пространства, находящихся на различных уровнях иерархии (рис. 1)

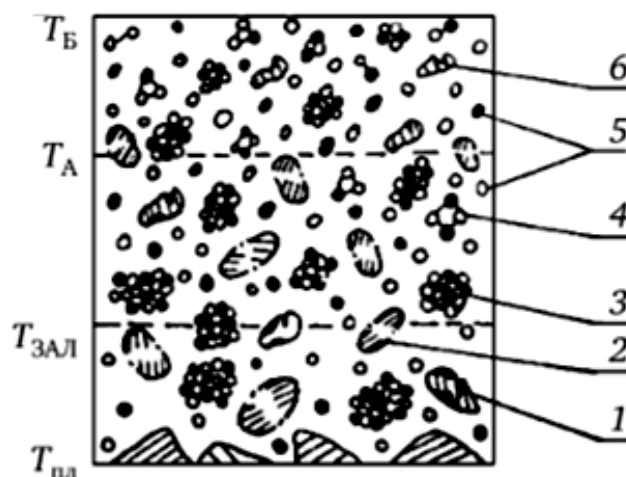


Рис. 1. Графическая схема строения расплава с унаследованной структурной микронеоднородностью:

$T_{пл}-T_A$ – область существования устойчивой наследственности;

T_A-T_B – область с минимальной наследственностью;

$T_{ЗАЛ}$ – температура заливки расплава в форме

Структура реального раствора включает следующие составляющие: 1 – активированные нерастворимые частицы (примеси); 2 – дисперсные (коллоидные) недорастворившиеся частицы; 3 – большие гигантские кластеры разных составов и размеров; 4 – малые и средние кластеры; 5 – разупорядоченная зона; 6 – дезактивированные примесные частицы.

Для перевода расплава в равновесное состояние существуют разные способы обработки. Наиболее простым и выгодным способом перевода расплава в равновесное состояние служит высокотемпературное воздействие.

Суть данной операции заключается в том, что расплав металла необходимо нагреть до критической температуры t_k . При достижении этой температуры энергия теплового движения частиц расплава становится соизмеримой с энергией разрыва наиболее прочных межатомных воздействий в неравновесных атомных ассоциациях, то есть энергия активации процессов миграции наиболее сильно связанных частиц [4]. Расчетным путем необходимо определить t_k для перевода расплавов в равновесное состояние, а время выдержки при данной температуре обычно составляет 10–15 минут [5].

Цель работы: расчетным путем определить температуру разупорядочения кластеров комплексно-легированных чугунов для классификации по критической температуре при разработке режимов ВТОР.

Температура расплава определяет соотношение объемов имеющимися кластерами и разупорядоченной зоной. Увеличение температуры уменьшает долю кластеров в расплаве, при этом доля разупорядоченной зоны возрастает. При достижении определенных температур $T_{раз}$ в расплаве происходит полное разрушение имеющихся кластеров, а зона разупорядочения занимает оставшийся объем в жидком металле.

Расчетным путем для перевода расплавов комплексно-легированных чугунов в равновесное состояние с применением ВТОР необходимо определить критическую температуру нагрева $T_{кр}$, которая сопровождается появлением гистерезиса вязкости. Данная температура определяет величину температуры, когда расплав переходит в равновесное состояние.

Для расчета температуры ВТОР воспользуемся правилом аддитивности. Определение тепло-

емкости произведем через долю элементов, содержащихся в комплексно-легированных чугунах:

$$n_i = C_i/M_i, \quad (1)$$

где n_i – количество молей данного компонента в 100 г сплава; C_i – концентрация данного компонента в сплаве, % (г/100 г); M_i – молярная масса данного компонента.

Исходя из выражения (1), определим сумму молей:

$$\sum n_i = n_1 + n_2 + n_3 + n_n. \quad (2)$$

Далее для определения мольных долей воспользуемся соотношением

$$m_i = n_i/\sum n_i. \quad (3)$$

Из уравнения (4) необходимо найти температуру солидус и ликвидус:

$$TL/S = T_0 - \Delta t_{L/S}, \quad (4)$$

где T_0 – температура плавления растворителя (Fe); $\Delta t_{L/S}$ – снижение температуры ликвидус / (солидус), обусловленное наличием в металле различных химических элементов.

$$\Delta t = \frac{\Delta t_a}{s_a} + \frac{\Delta t_b}{s_b} + \frac{\Delta t_c}{s_c} + \dots, \quad (5)$$

где Δt – температура ликвидус / (солидус) расплава при концентрациях в нем a, b, c, \dots элементов в соответствии с бинарными диаграммами состояния [6].

Температуру расплавления $T_{рас}$ комплексно-легированных чугунов приведем согласно представленному примеру в табл. 1.

Согласно квазиполикристаллической модели, имеющиеся физические свойства металлических расплавов ρ (плотность, текучесть и др.) относятся к аддитивной сумме парциальных вкладов структурных составляющих жидкости [5]:

Таблица 1

Температура расплавления хромоникелевого чугуна марки ИЧХ28Н2

Элементы	Содержание компонентов, %	Температура солидус t_l/s_i , °С	Снижение температуры солидус t_l/s_i , °С	Температура ликвидус t_l/l_i , °С	Снижение температуры ликвидус t_l/l_i , °С
Fe-C	3	1147	392	1325	214
Fe-Cr	30	1505	9	1510	4
Fe-Ni	0,2	1508	27	1518	14
Fe-Si	0,8	1532	5	1535	2
Fe-Mn	0,8	1518	19	1525	12
			$\sum = 452$		$\sum = 246$
		$t_l/s_i = 1539 - 452 = 1087$		$t_l/l_i = 1539 - 246 = 1293$	

$$\mathcal{G} = \Psi_{\text{раз}} \mathcal{G}_{\text{раз}} + \Psi_{\text{кл}} \mathcal{G}_{\text{кл}}, \quad (6)$$

где $\mathcal{G}_{\text{кл}}$ – парциальные свойства кластеров; $\mathcal{G}_{\text{раз}}$ – парциальное свойство разупорядоченной зоны; $\Psi_{\text{раз}}$ и $\Psi_{\text{кл}}$ – относительные доли разупорядоченной зоны и зоны кластеров, при этом $\Psi_{\text{раз}} + \Psi_{\text{кл}} = 1$.

При стандартном условии выплавки жидких металлов атомная доля разупорядоченной зоны $(\Psi_{\text{раз}}^0)_{\text{пл}}$ определяется из уравнения

$$(\Psi_{\text{раз}}^0)_{\text{пл}} = \frac{\Delta H_{\text{пл}}^0}{\Delta H_{\text{раз}}^0}, \quad (7)$$

где $\Delta H_{\text{пл}}^0$ – стандартная теплота плавления металла, кДж/моль; $\Delta H_{\text{раз}}^0$ – стандартный тепловой эффект полного термического разупорядочения кластеров жидкости, кДж/моль.

Для расчета $\Delta H_{\text{раз}}^0$ воспользуемся эмпирическим уравнением:

$$\Delta H_{\text{раз}}^0 = -1,26 + 2,95 \cdot 10^{-2} T_{\text{пл}}, \quad (8)$$

где $T_{\text{пл}}$ – температура плавления металла, К.

Результаты расчета мольной доли по всем химическим элементам, содержащихся в комплексно-легированных чугунах, был произведен согласно примеру расчета, представленного в табл. 2.

Расчет температурной зависимости атомной доли разупорядоченной зоны:

$$\Psi_{\text{раз}}^0 = A \exp(\Delta H_{\text{раз}}^0 / (RT)), \quad (9)$$

$$A = \Psi_{\text{раз}}^0 / \exp(-\Delta H_{\text{раз}}^0 / (RT)). \quad (10)$$

Температура полного разупорядочения для комплексно-легированных чугунов из соотношения:

$$T_{\text{раз}}^0 = \Delta H_{\text{раз}}^0 / (R \ln A).$$

В настоящей работе с применением модельной теории жидких металлов по «квазиполикристаллической» модели были рассчитаны некоторые параметры кластеров в расплаве комплексно-легированных белых износостойких чугунов. Расчет представлен в табл. 3.

Таблица 2

Мольные характеристики сплава хромоникелевого чугуна ИЧХ28Н2

Элементы	Опытный чугун, %	Мольная масса M	Теплота плавления $\Delta H_{\text{пл}}$	Количество молей в 100 г вещества n_i	Мольная доля m_i	Доля теплоты плавления, $\Delta H_{\text{пл}}$	Мольная масса сплава $M_{\text{сп}}$
C	3,00	12	103,2	0,250	0,123	12,661	1,4722
Cr	30,00	52	21008	0,577	0,283	5947,837	14,7223
Ni	0,20	59	17523	0,003	0,002	29,150	0,0981
Si	0,80	28	47600	0,029	0,014	667,414	0,3926
Mn	0,80	55	14630	0,015	0,007	104,430	0,3926
Fe	65,20	56	14120	1,164	0,571	8067,718	31,9966
Всего				2,038		14829,21	49,0746

Таблица 3

Температура разупорядочения кластеров и некоторые параметры расплава комплексно-легированных чугунов

Марка чугуна	ИЧ280Х25ГНГД	ИЧ310Х24М2Ф4ГР	ИЧ300Х16Ф8	ИЧ300Х24ГР	ИЧ250Х14Ф7	ИЧХ28Н2	ИЧ270Х16М3	ИЧ290Ф6ДГР	ИЧ240Х25ТБР
$\Delta H_{\text{раз}}^0$, Дж / моль	44897,74	45133,74	44956,74	44927,24	45841,74	46195,74	46136,74	45723,74	47316,74
$\Psi_{\text{раз}}^0$	0,58	0,57	0,56	0,56	0,56	0,57	0,55	0,54	0,56
$\Psi_{\text{кл}}^0$	0,42	0,43	0,44	0,44	0,44	0,43	0,45	0,46	0,46
Коэффициент A	20,018	19,780	19,591	19,565	19,473	19,72	19,234	18,735	19,415
$T_{\text{раз}}^0$ при $\Psi_{\text{раз}}^{0,5}$, °С	1530	1540	1545	1545	1585	1591	1605	1605	1628
$T_{\text{раз}}^0 / T_L$	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25	1,23	1,24	1,26	1,24

Для определения времени выдержки при проведении ВТОР необходимо провести лабораторные испытания с разным интервалом времени выдержки, например из работ исследователей [7], данный интервал для белых износостойких чугунов составил 10–15 минут, а температура высокотемпературной обработки 1520–1550°C.

В работе [8] изучено влияние режимов ВТОР на свойства отливок из чугуна марки ИЧ270Х16МЗ, в работе осуществляли выплавку в двух температурных режимах – при 1450°C и 1570°C с одинаковой скоростью охлаждения после выдержки. Применение ВТОР приводит к измельчению микроструктуры, но при этом заметной разницы по твердости и фазовому составу не наблюдается, также высокотемпературная обработка приводит к увеличению износостойкости образцов с 4,7 до 5,6 ед. Предполагается, что применение ВТОР уменьшает размер участков металлической основы между эвтектическими карбидами и формирует более мелкую карбидную эвтектику, которая способствует повышению износостойкости.

Авторы работы [9] изучали влияние ВТОР при разных температурах на абразивную и ударно-абразивную износостойкость, жаростойкость, окалинотойкость, ростоустойчивость и на некоторые параметры структурных составляющих чугуна марки ИЧХ28Н2. При температуре выдержки сплава до 1420°C образцы из данного сплава обладают наибольшей абразивной и ударно-абразивной износостойкостью в связи с измельчением карбидов, при этом твердость и жаростойкость образцов снижается. С повышением температуры выдержки расплава до температуры 1620°C повышаются показатели ростоустойчивости и окалинотойкости.

Количественный анализ структуры образцов ИЧХ28Н2 при температуре выдержки 1620°C указывает на увеличение объемной доли карбидов, с одновременным уменьшением доли карбидов большего размера, карбиды становятся более округлыми и равномерно распределяются по всему объему. Высокотемпературная обработка при температуре выдержки 1520°C приводит к уменьшению микротвёрдости основы и эвтектики и увеличению микротвёрдости отдельных карбидов хрома.

По работам исследователей [7–9] $T_{\text{раз}}^0$ кластеров находятся в интервале температур 1420–1620°C. Согласно данным $T_{\text{раз}}^0$ и приведенным расчетам возможно классифицировать режимы ВТОР для комплексно-легированных чугунов: до 1500°C – высокотемпературная обработка с низким перегревом; с 1500 до 1600°C – высокотемпературная об-

работка со средним перегревом и более 1600°C – высокотемпературная обработка с высоким перегревом.

Заключение

1. При выборе обоснованных режимов экспериментально определенной ВТОР необходимо исходить из экспериментальной температуры разупорядочения их кластеров $T_{\text{раз}}^0$.

2. В данной работе с помощью квазиполикристаллической модели определены величины $\Delta H_{\text{раз}}^0$, $\Psi_{\text{раз}}^0$, коэффициент A , $T_{\text{раз}}^0$ и $T_{\text{раз}}^0 / T_L$ для белых износостойких чугунов.

3. Расчетные величины $T_{\text{раз}}^0$ для комплексно-легированных чугунов можно рекомендовать при выборе и обосновании режимов ВТОР.

4. Представлена классификация комплексно-легированных чугунов по температуре разупорядочения кластеров расплава при разработке режимов ВТОР.

Список литературы

1. Лопатина Е.С. Изучение механизма модифицирования алюминиевых сплавов и закономерностей структурообразования при получении лигатурных материалов методом высокоскоростной кристаллизации-деформации: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2005.
2. Влияние микроструктуры материала на динамическую пластичность и прочность: молекулярно-динамическое моделирование / П.А. Жилиев [и др.]; под ред. В.Е. Борисенко и Н.К. Толочко. Минск: Изд. центр БГУ, 2008.
3. Еланский Г.Н., Еланский Д.Г. Строение и свойства металлических расплавов: учебное пособие для вузов. Москва: Издательство Юрайт, 2022. 212 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-13144-4. Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. URL: <https://urait.ru/bcode/496026> (дата обращения: 05.04.2022).
4. Савоста А.А., Оборин Л.А. Совершенствование технологии производства литых заготовок на основе высокотемпературной обработки расплава // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2014. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-tehnologii-proizvodstva-lityh-zagotovok-na-osnove-vysokotemperaturnoy-obrabotki-rasplava> (дата обращения: 18.04.2022).
5. Оборин Л.А. Научно-технологические основы производства литых деталей по выплавляемым моделям для силовых установок летательных аппаратов: монография. Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. 2013. 238 с.
6. Чернов В.П. Теория расплавов: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 143 с.
7. Лубяной Д.А., Лубяная С.В., Саблина О.И. Эффективность применения термовременной обработки и пульсирующей продувки для рафинирования желе-

- зоуглеродистых расплавов // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. 2012. №4 (57). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-termovremennoy-obrabotki-i-pulsiruyushey-produvki-dlya-rafinirovaniya-zhelezouglerodistyh-rasplavov> (дата обращения: 22.04.2022).
8. Колокольцев В.М., Михалкина И.В., Шевченко А.В. Высокотемпературная обработка расплавов специальных сталей и чугунов // Литейщик России. 2016. № 9. С. 18-23. EDN WJZVVL.
9. Савина Л.Г., Барышев Е.Е., Филиппов М.А. Влияние высокотемпературной обработки расплава на формирование структуры и износостойкость белого хромистого чугуна // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2008. № 2. С. 45-47. EDN IJPCRХ.

Сведения об авторах

Потапов Михаил Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Юмобаев Азамат Аслямович – аспирант, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: yumabaev.azamat95@gmail.com

Гуляев Юрий Евгеньевич – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: evgen.gulyaev2012@yandex.ru

УДК 622.1

О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ ОТКАЗОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН НА ГОРНЫХ РАБОТАХ

Великанов В.С.¹, Назаров О.В.²¹ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург²ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск²ООО «ШСУ» подземный участок горно-капитальных работ №9 на объекте АО СПМ «Сибирь-полиметаллы», Корбалихинский рудник, Алтайский край

Аннотация. Анализ статистических данных работы транспортно-технологических машин на горнодобывающих предприятиях показал, что отсутствуют значительные изменения в сокращении количества простоев технологического оборудования. Уровень эффективного использования горной техники на карьерах и подземных рудниках составляет порядка 70% календарного времени, что, в конечном итоге, влияет на технико-экономические показатели горного предприятия и определяет себестоимость готовой продукции. В настоящее время одной из важных проблем, стоящей перед горной отраслью, является прогнозирование отказов и простоев технологического оборудования. На сегодняшний день в научно-технической литературе представлено и описано значительное количество методов прогнозирования, но к наиболее часто используемым относятся следующие: экстраполяция, моделирование, нормативный метод и метод экспертных оценок.

Ключевые слова: отказ, оборудование, аналитика, добыча, полезные ископаемые, экскаватор, погружно-доставочная машина.

По результатам анализа статистических данных работы горного оборудования на карьерах и разрезах Российской Федерации и научно-технической литературы определено, что отсутствуют значительные изменения в сокращении числа простоев основного технологического оборудования, уровень использования технологических машин на горных предприятиях составляет порядка 60-70% календарного времени [1-5]. Уменьшение количества простоев достигается, кроме обновления и оптимизации парков экскаваторов, путем создания и внедрения на горнодобывающих предприятиях системы, позволяющей снизить процент отказов горнотранспортного оборудования на основе предиктивной аналитики.

В процессе эксплуатации горнотранспортных машин отказы возникают по причине множества условий и факторов: недостатки конструкции систем и агрегатов приводят к отказам в их работе; нарушения норм эксплуатации, например превышение проектных нагрузок; ошибки в работе машинистов (операторов) и обслуживающего персонала; внешние условия и факторы и пр.

Многообразие факторов, являющихся причиной отказов карьерных экскаваторов как сложных технических систем, не позволяет составить их абсолютно полный перечень. Отказы могут происходить по довольно тривиальным причинам, например неправильной сборки элементов, плохого контакта проводников и т.п. Наиболее частой

причиной отказов являются дефекты основных и второстепенных деталей оборудования карьерных экскаваторов (табл. 1) [6-9].

Установление отказов по узлам позволяет определить наименее надежные элементы в электромеханической системе экскаватора и дать рекомендации по совершенствованию применяемых систем ТОиР, основной целью которых является предупреждение отказов и связанных с ними внеплановых простоев.

В качестве подходов, позволяющих распределять причины в логической последовательности при анализе факторов, влияющих на ухудшение функциональных характеристик горного оборудования в течение его эксплуатации, используется причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы), либо дерево отказов.

На рис. 1 представлено процентное соотношение отказов по основным механизмам карьерных экскаваторов на горнодобывающих предприятиях УрФО.

Исследования по установлению показателей надежности для транспортно-технологических машин в условиях подземных горных работ проведены на Корбалихинском руднике АО СПМ «Сибирь-полиметаллы». Исследования выполнялись для выявления отказов ПДМ Sandvik и получения номенклатуры узлов, приводящих машины в состояния полного или частичного отказа. ПДМ имеют наибольшее распространение и используются как средство механизации горных работ при подземном способе добычи.

Таблица 1

Возможные дефекты металлоконструкций карьерных экскаваторов

Агрегат	Дефект
Подъемный механизм	Износ тормозных шкивов лебедки. Повышенный износ ручьев, заострение гребней барабанов лебедки.
Напорный механизм	Повышенный износ ручьев, заострение гребней барабанов лебедки
Поворотная платформа	Трещины: – по сварным швам нижнего листа платформы и постели верхнего рельса; – по сварным швам постели подъемной лебедки; – нижнего листа площадки крепления редукторов поворота; – основного металла вертикальных стенок (наружных и внутренних), выходящие на края окон осмотра; – по основному металлу и по ремонтным сварным швам нижнего листа платформы, в районе ступиц поворотных шестерен; – деформации силовых элементов рабочих площадок
Ходовой механизм	Износ кулаков ведущих колес. Дефекты опорных колес. Трещины на корпусе ходовой тележки. Трещина гусеничных рам в районе натяжных окон
Стрела	Трещины: – по основному металлу проушин крепления нижней секции на платформе; – по основному металлу и сварным швам поперечины нижней секции
Подвеска ковша	Трещины: – на корпусе уравнительного блока; – на коромысле; – на спицах шкива уравнительного блока

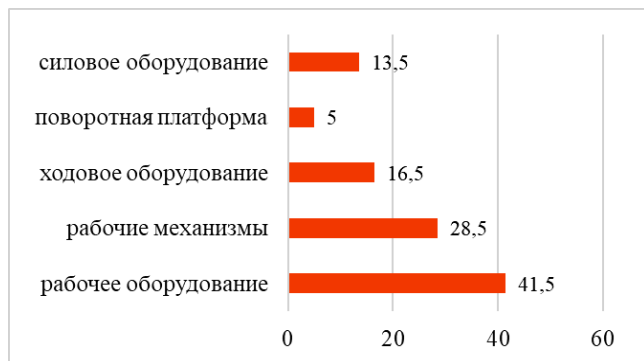


Рис. 1. Распределение отказов экскаваторов по основным механизмам

Многолетняя практика эксплуатации данного типа машин, тяжелые горно-геологические условия эксплуатации, а также периодические нарушения условий эксплуатации приводят к интенсивному использованию ПДМ и, как следствие, выходу из строя наиболее нагруженных элементов их конструкции. Анализ ремонтных ведомостей показал возможные дефекты основных элементов и механизмов – гидравлическое оборудование (гидроцилиндры и гидромоторы поворота передней полурамки, подъем стрелы, опрокидывание ковша); в элементах металлоконструкций (рабочее оборудование, рама, оси, стопоры, пальцы, крепежные элементы и др.), трансмиссия (коробка передач, карданные валы, агрегаты передней и задней оси) и др. В табл. 2 отражены возможные дефекты механизмов ПДМ.

Таблица 2

Возможные дефекты погрузочно-доставочных машин

Агрегат	Дефект
С возможностью визуального наблюдения	
Рабочее оборудование	Трещины, сколы
Кузов	Коррозия, вмятины, трещины, разрыв металла
Рама	Прогиб продольных балок и поперечин, перекос продольных балок и поперечин
Ходовое (пневмоколесное) оборудование	Давление в шинах, износ протектора, пробой, порезы, разрывы, трещины дисков и ободьев колес
Возможность визуального наблюдения отсутствует	
Ходовое (пневмоколесное) оборудование	Повреждение подшипников главной передачи, нарушение зацепления шестерен главной передачи, выкрашивание зубьев главной передачи, скол зубьев главной передачи
Рулевое управление	Неисправность гидронасоса, заклинивание приоритетного клапана, неисправность гидроцилиндра поворота
Редуктора	Повреждения подшипников, несоосность вала редуктора и вала машины, засорение дренажного отверстия, нарушение зацепления зубьев колес, поломка и выкрашивание зубьев зубчатых колес
Система нейтрализации выхлопных газов	Оплавление блока носителя, разрушение блока носителя, неисправность кислородного датчика

На рис. 2 представлено процентное распределение потока отказов по основным механизмам

погрузочно-доставочных машин фирмы Sandvik на Корбалихинском руднике АО «Сибирь-Полиметаллы».

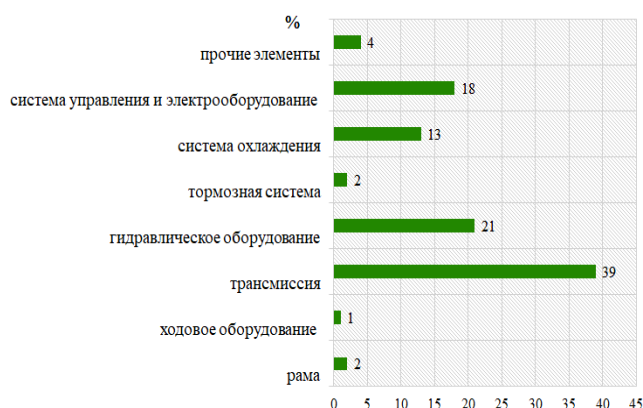


Рис. 2. Распределение отказов ПДМ Sandvik по основным механизмам

Таким образом установлено, что степень изношенности парка выемочно-погрузочного оборудования достигает 70-90%. Эксплуатация машин в таком состоянии приводит к росту затрат на их обслуживание, что в конечном итоге влияет на увеличение себестоимости добычи и переработки продукции горнодобывающей отрасли. Анализ общего объема отказов приведенных узлов показал наличие значительной доли ремонтных работ, что свидетельствует о низком уровне технического обслуживания и ремонтов данного типа машин.

Список литературы

1. Подэрни Р.Ю., Булес П. Сравнительный анализ гидравлических и механических экскаваторов с прямой лопатой // Горный журнал. 2015. №1. С. 55-61.
2. Великанов В.С. Повышение эффективности эксплуатации карьерных гусеничных экскаваторов с

оборудованием «прямая механическая лопата»: специальность 05.05.06 «Горные машины»: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2009. 18 с.

3. Подэрни Р.Ю., Булес П. Эффективность применения мощных гидравлических экскаваторов – результат повышения их надежности // Горная промышленность. 2015. №1. С. 46-51.
4. Великанов В.С., Гуров М.Ю. Развитие научно-методологических основ совершенствования карьерных экскаваторов на базе нечетко – множественного подхода. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 217 с.
5. Шаханов Н.И., Ершов Е.В., Юдина О.В. Модель, метод и алгоритмы прогнозирования отказов роликов отводящего рольганга уборочной группы прокатного производства // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2018. Т. 8. № 3 (28). С. 50-59.
6. Великанов В.С., Панфилова О.Р., Усов И.Г. Анализ показателей долговечности рукояти карьерного экскаватора // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т. 16. № 4. С. 13-20.
7. Великанов В.С. Повышение эффективности эксплуатации карьерных гусеничных экскаваторов с оборудованием «прямая механическая лопата»: специальность 05.05.06 «Горные машины»: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2009. 119 с.
8. Великанов В.С. Научные основы системы снижения рисков отказов при управлении карьерным экскаватором: специальность 05.05.06 «Горные машины»: дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург, 2020. 292 с.
9. Великанов В.С., Исмагилов К.В. Проектирование отечественных мехлопат с учетом требований рынка горной техники и эргономических показателей // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 2. С. 30-32.

Сведения об авторах

Великанов Владимир Семенович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург; ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: rizhik_00@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5581-2733>.

Назаров Олег Вадимович – ООО «ШСУ» подземный участок горно-капитальных работ №9 на объекте АО СПМ «Сибирь-полиметаллы», Корбалихинский рудник, Алтайский край. E-mail: zikfreid@yandex.ru

УДК 004.056

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ОБЪЕКТА КИИ, ТРУДНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ АСУ ТП «НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПЕЧИ», ЦЕХА ПРОКАТА МЕТАЛЛА

Коновалов М.В., Иванов И.Л.

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

Аннотация. Данная научная статья оценивает текущий уровень защищенности объекта критической информационной инфраструктуры, по категории значимости сравнивает с эталонными требованиями к объекту критической информационной инфраструктуры, имеющему зависимость от категории значимости, а также на основании проведенного анализа рассматривает план по модернизации системы защиты, наиболее подходящему к данному объекту критической информационной инфраструктуры, позволяющей достигнуть лучших показателей в области обеспечения информационной безопасности, а также соответствия нормативно-правовым актам федеральной службы по техническому и экспортному контролю, в области защиты информации, учесть требования бизнеса, с учетом минимизации простоя оборудования, модернизация в условиях импортозамещения.

Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура, субъект КИИ, объект КИИ, регулятор ФСТЭК, ФЗ №187, ПП №127, приказ №239.

Необходимость модернизации системы защиты информации на объектах критической информационной инфраструктуры обусловлена требованием Российского законодательства в области обеспечения информационной безопасности, Федеральный закон от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», регламентирующий данную сферу [1].

Рассмотрение вопроса модернизации системы защиты информации для данной исследовательской статьи проводилось на объекте критической инфраструктуры – цех прокатки металла, в автоматизированной системе управления технологическим процессом «нагревательные печи», субъекта критической информационной инфраструктуры металлургического комбината.

Стоит выделить, что безопасность критической информационной инфраструктуры – это состояние защищенности, которое позволяет не останавливать функционирование объекта при реализации атак на данный объект [2].

Первостепенной задачей при модернизации/разработке системы защиты информации, исходя из Федерального закона №187, является категорирование объекта по степени значимости данного объекта, в зависимости от которой данный объект защищается. Постановление правительства от 8 февраля 2018 г. № 127 «Об утверждении Правил категорирования объектов критической ин-

формационной инфраструктуры» выделяет пять перечней показателей значимости объекта критической информационной инфраструктуры:

- социальная;
- политическая;
- экономическая;
- экологическая;
- значимость для обороны страны, безопасности государства.

По определенным показателям степени влияния объекта на данный показатель в своей области получают категорию значимости объекта, делящуюся на три уровня значимости [3].

Показатель значимости, отличный от «без значимости», в свою очередь, вместе с произведенным расчетом категорирования необходимо передать государственному регулятору – федеральной службе технико-экспортного контроля, которая согласуется с результатами категорирования и вносит в список объектов критической информационной инфраструктуры или просит исправить (разъяснить) определенные пункты категорирования.

Всего для взаимодействия с регулятором и построения системы защиты в целом необходимо проанализировать и разработать такой перечень документов, как:

- сведения о субъекте КИИ;
- сведения об объекте КИИ;
- сведения о взаимодействии объекта КИИ и сетей электросвязи;

- сведения о лице, эксплуатирующем объект КИИ;
- сведения о ИС, ИТС, АСУ;
- анализ угроз и категории нарушителей;
- оценка возможных последствий инцидента;
- акт категорирования объектов КИИ.

Исходя из проведенного категорирования, объекту, рассматриваемому в данной исследовательской статье, присваивается 3-й уровень значимости и модернизация системы защиты информации, необходимо проводить исходя из требований по защите объекта критической информационной инфраструктуры с уровнем значимости 3, приведенным в приказе №239 от 25 декабря 2017г.

Дальнейшим пунктом является подключение объекта критической информационной инфраструктуры к государственной системе обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак [4].

Исходя из федерального закона №187, Субъект обязан:

– информировать национальный координационный центр о проводимой в отношении него компьютерной атаке;

– в случае установки на объекте критической информационной инфраструктуры средств защиты информации, направленных на обнаружение, предупреждение и ликвидацию компьютерных атак, обеспечивать установленный порядок по введению в эксплуатацию данных средств защиты, обращения с ними и вывод из эксплуатации средств защиты информации;

– реагировать на компьютерные атаки, производимые на другие субъекты критической информационной инфраструктуры, исходя из предписаний национального координационного центра.

Для модернизации системы защиты информации разработана актуальная модель угроз в соответствии с новыми требованиями к построению модели угроз, представленной регулятором 5 февраля 2021 года «Методика оценки угроз информационной безопасности», где на основании информационных потоков, компонентов АСУ ТП «Нагревательные печи» и базы данных угроз ФСТЭК выделены основные угрозы информационной безопасности, также в дополнение к данному документу разработана модель нарушителя информационной безопасности, в которой рассматриваются нарушители, способные повлиять на функционирование АСУ ТП как напрямую, являясь внутренним пользователем, так и извне, являясь сторонним злоумышленником, по тем или иным целям стремящимся нанести вред работе АСУ ТП.

Исходя из моделирования угроз, рассмотрения нарушителя и проведенного категорирования, составлен план по модернизации системы защиты информации, исследуемой АСУ ТП, исходя из того, что текущий уровень защищенности является недостаточным для полноценной защиты и обеспечения бесперебойности работы рассматриваемой системы во время проведения кибератак на предприятие.

Исходя из проведенного анализа АСУ ТП, основным вектором, который нуждается в защите, была выделена сетевая инфраструктура АСУ ТП, как связывающее звено остальные компоненты сети, а также вектор наиболее уязвим к атакам извне.

Для модернизации системы защиты информации выделен план модернизации с первоочередными малыми этапами, направленными на повышение текущего уровня защищенности, но в то же время не оказывающими сильного влияния на работоспособность производственной цепочки и несущими малые риски остановки производственного процесса.

В первую очередь во время модернизации необходимо задействовать такие шаги, как:

- усилить контроль за использованием административных учетных записей;
- изменить регламент частоты смены пароля (уменьшить сроки);
- внепланово изменить текущие пароли;
- отказаться или ограничить использование технологий удаленного доступа, особенно в текущей ситуации, когда обслуживать информационные системы могут иностранные исполнители;
- обновление сигнатурных баз антивирусов;
- инвентаризация систем и служб, задействованных в производственном процессе, а также находящихся на балансе;
- отключение и контроль за сетевыми портами, отключение неиспользуемого;
- замена протоколов вида http, telnet на протоколы в защищенном исполнении https, ssh;
- проведение внепланового инструктажа с пользователями, осуществляющими работы с информационными системами, на предмет уменьшения риска реализации атаки социальной инженерии;
- обновление прошивки программного обеспечения сетевых устройств до актуальных версий с поддержкой протоколов в защищенном исполнении https, ssh.

Эти шаги позволяют улучшить защищенность объекта, не прибегая к крупномасштабным переменам в условиях работы производственной линии.

События, происходящие в России в 2022 г., затронули область информационных технологий, которые повлияли на рынок в областях:

- средств защиты информации;
- программного обеспечения для работы;
- программного обеспечения в области защиты информации;
- сетевых устройств;
- комплектующих для сетей АСУ ТП, в частности программные контроллеры.

На 24 марта 2022 г. регулятор ФСТЭК приостановил действия сертификатов 56-ти иностранных средств защиты информации, а также программного обеспечения, что сильно влияет на выбор привычных и зарекомендовавших себя средств защиты, а также программного обеспечения для обработки информации.

Исходя из вышеописанных событий, глобальную модернизацию оборудования и средств защиты информации необходимо проводить с учетом необходимости импортозамещения сетевого оборудования и программного обеспечения, что, в свою очередь, является сложным процессом, с учетом оборудования иностранных вендоров, находящегося в работе.

При рассмотрении перспективы глубокой модернизации сетей АСУ ТП, с возможностью использования большого временного промежутка, во время выделенных дней на технический ремонт либо внеплановый ремонт, ожидаемо растянутый на достаточный срок, следует выделить такие шаги модернизации, как:

- замену импортного оборудования на оборудование Российского производства, сертифицированного регулятором ФСТЭК;
- замену импортного программного обеспечения на программное обеспечение Российского производства, сертифицированного регулятором ФСТЭК;
- проведение стрессового тестирования модернизированного оборудования, а также имеющегося оборудования, которое невозможно заменить в текущий момент;
- внедрение новых фильтраций трафика, настройка межсетевого экранирования, а также тестирование модернизированной сети на безопасность и работоспособность после проведенной модернизации;
- исключение доступа сетей АСУ ТП в корпоративные сети в случае невозможности гарантированной защиты.

Многие компании, уйдя с рынка информационных технологий, заблокировали доступ к своим сервисам для клиентов компаний, что нельзя

назвать корректным отношением между клиентом и представителем услуг.

Говоря о критической информационной инфраструктуре, можно с определенностью сказать о том, что в настоящий момент для объектов критической информационной инфраструктуры появилась серьезная угроза возможности иностранных вендоров в реализации угроз информационной безопасности, направленных на возможное нанесение вреда текущим производственным процессам за счет отключения программного обеспечения, обслуживающего агрегаты, находящиеся в работе, а также отключения оборудования, находящегося в работе.

К примеру, существует угроза обновления операционной системы Windows на Российских автоматизированных рабочих местах, которые могут нести в себе неблагонадежные изменения, вносящие различные уязвимости и возможности для иностранного злоумышленника. Частично такую проблему можно решить отключением автоматизированных рабочих мест от центров обновлений, но тогда существует риск нахождения уязвимостей, которые были неизвестны до настоящего момента времени и не направлены на российские рабочие места, в частности.

Также важным примером является вендор cisco, который также ушел с рынка России, а значит, стремление многих предприятий к унификации на базе сетевого оборудования cisco, которое за все время сотрудничества зарекомендовало себя с лучшей стороны, подходит к концу и влечет за собой проблему по расширению и модернизации сети, встраиванию в сеть сетевого оборудования другого вендора, к примеру Eltex российского производства, и проблемы во время работы оборудования разных производителей.

К проблематике внедрения мер по защите информации можно отнести:

- величину рисков отказа оборудования при единовременном внедрении на работающую производственную линию средств защиты информации, что влечет за собой простой оборудования, нарушение технологической цепочки, а соответственно, и потерю экономической выгоды вследствие неполноценной работы производственной цепочки предприятия;
- малое количество дней технического обслуживания (в году) производственной линии, в которую по тем или иным причинам невозможно провести полноценную модернизацию средств защиты информации с расчетом на время, допустимое для отладки и тестирования модернизированной системы защиты информации;
- невозможность единовременного принятия полных мер по обеспечению информационной

безопасности, исходя из непрерывающегося цикла работы производственной линии и угрозы остановки работы линии в случае негладкой установки обновлений и модернизаций;

– риск отказа работы иностранного вендора в связи с различными событиями, которые, казалось бы, не относятся к бизнесу, примером является стремление российского предприятия к унификации сетевого оборудования вендором cisco и дальнейший отказ в сотрудничестве с российскими предприятиями, а также риск использования вендором уязвимостей 0 дня (например, отзыв лицензии с сетевого оборудования).

Вывод

В текущей ситуации субъекты критической информационной инфраструктуры оказались в сложной ситуации отсутствия оборудования и программного обеспечения привычных для работы и защиты результатов своей работы.

При рассмотрении вопроса модернизации системы защиты информации выделенного объекта КИИ был рассмотрен вопрос построения модели угроз, модели нарушителя, необходимости категорирования. На основании проведенного анализа, а также событий, происходящих в мире, был выдвинут план кратковременной и долгосрочной модернизации, направленный на исключение реализации

угрозы прекращения работы объекта КИИ, АСУ ТП «нагревательные печи».

Список литературы

1. Бабаш А.В., Баранова Е.К., Мельников Ю.Н. Информационная безопасность: Лабораторный практикум. М.: КноРус, 2019. 432 с.
2. Чипига А.Ф. Информационная безопасность автоматизированных систем. М.: Гелиос АРВ, 2010. 336 с.
3. Гафнер В.В. Информационная безопасность. Ростов н/Д.: Феникс, 2017. 324 с.
4. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 21 декабря 2017 г. № 235 «Об утверждении Требований к созданию систем безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и обеспечению их функционирования» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/1589-prikaz-fstek-rossii-ot-21-dekabrya-2017-g-n-236>
5. Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю от 25 декабря 2017 г. № 239 «Об утверждении Требований по обеспечению безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/1592-prikaz-fstek-rossii-ot-25-dekabrya-2017-g-n-239>

Сведения об авторах

Коновалов Максим Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры ИиИБ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Иванов Илья Леонидович – студент группы АИБ-17, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 376.36:004.9

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛОГОПЕДИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Ильина Е.А., Логунова Т.В.

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

Аннотация. В статье рассматривается организация и проведение логопедического обследования дефектов речи с помощью цифровых технологий. Цифровые технологии нацелены на совершенствование диагностического обследования речи ребенка. Использование цифровых технологий позволяет собирать, хранить данные о результате диагностирования детей. Внедрение цифровых технологий рассматривается как средство дополнительной визуализации и практической обработки диагностического материала для работы с детьми и родителями для устранения дефектов речи.

Ключевые слова: образовательный процесс, цифровые технологии, логопедия, мониторинг, диагностирование речи дошкольников, дефекты речи, коррекционная работа.

В настоящее время в РФ наблюдается большое количество детей с нарушениями речи. Статистика речевых нарушений у дошкольников с 2002 года показала рост дефектов речи у детей дошкольного возраста (рис. 1).

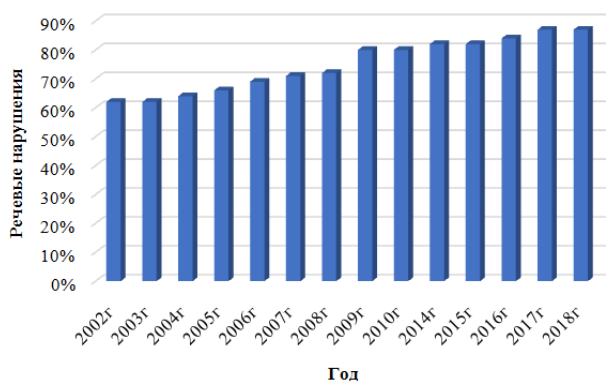


Рис. 1. Данные по развитию речевых нарушений у детей дошкольного возраста по годам

Так, в 2018 году большая часть нарушений речи связана с фонематическим слухом. Следующая проблема – звукопроизносительная сторона речи, которая влечет нарушения в грамматическом строе речи, слоговой структуре и связной речи у детей дошкольного возраста. На рис. 2 представлено процентное соотношение речевых нарушений у детей дошкольного возраста. Все эти дефекты влияют на развитие ребенка и его познавательных процессов (мышления, памяти, внимания).

Основным направлением логопедического воздействия является развитие речи, коррекция и профилактика ее нарушений. Раннее диагности-

рование речи позволит выявить и скорректировать дефекты речи. Своевременное выявление и коррекция отклонений в развитии речи детей – это необходимые условия для гармоничного развития ребенка и его познавательных процессов. Существующие методики логопедического исследования разнообразны, эффективны и опробованны, но трудозатратны по времени, так как, помимо времени диагностирования ребенка, необходимо обработать и получить результат, который в настоящее время хранится в бумажном виде. Процедура логопедического обследования ребенка по времени не должна превышать двух часов. Обследование младших дошкольников не может превышать 25–30 минут. Дошкольники 4–5 лет проходят обследование в среднем за 35–40 минут. Обследование детей старшего дошкольного возраста длится не более одного часа. Очень важно для специалиста после проведения диагностики определить коррекционную работу, выдать рекомендации для родителей.

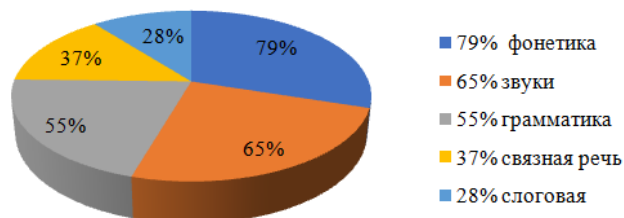


Рис.2. Данные за 2018 год речевых нарушений у детей дошкольного возраста по структуре нарушений

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в РФ» информационно-образовательная среда включает в себя электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных и телекоммуникационных технологий, соответствующую

щих технологических средств и обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся.

Посредством цифровых технологий можно решить вопрос о временных затратах на обработку результатов обследования ребенка, хранение данных, формирование коррекционной работы с детьми, а также выдачей рекомендаций для родителей. С помощью цифровых технологий обработка результатов диагностирования упрощается, так как хранится в единой базе, и результаты обследования предоставляются автоматически.

Результаты мониторинга представляются в виде диагностических таблиц. Общее количество баллов по всем разделам указывается в сводной таблице и определяет уровень речевого развития. По данным, полученным из таблицы, педагог планирует коррекционную работу и выдает рекомендации родителям.

Таким образом, организация и проведение логопедической диагностики позволяет устранить или смягчить как речевые, так и психологические нарушения, способствуя достижению главной цели – устранения дефектов речи у детей. Использование цифровых технологий органично дополняет традиционные формы работы логопеда, расширяя возможности взаимодействия логопеда с другими участниками образовательного процесса, что позволяет значительно повысить эффективность коррекционной работы. Внедрение цифровых технологий рассматривается как средство дополнительной визуализации и практической обработки диагностического материала для рабо-

ты с детьми и родителями с целью устранения дефектов речи.

Список литературы

1. Есипова Т.В. Использование компьютерных технологий в специальном образовании // Вопросы педагогики. 2020. № 6-2. С. 93-96.
2. Ефременко Е.В. Основы формирования и внедрения цифровых технологий в сферу услуг // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2021. № 7(49). С. 96-102.
3. Алмазова А.А., Любимова М.М., Лагутина А.В. Сетевые информационные технологии как способ продвижения идей, знаний и результатов научной деятельности в области логопедии // Наука и школа. 2020. № 1. С. 62-67. DOI: 10.31862/1819-463X-2020-1-62-67.
4. Поначугин А.В., Пичужкина Д.Ю., Смекалова Е.С. Актуальность использования цифровых технологий в сфере дополнительного образования // Научное отражение. 2020. № 4(22). С. 11-15.
5. Лутовинова А.М. Современные информационные и коммуникационные технологии как инструмент педагога-логопеда // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2020. Т. 6. № 1. С. 103-110.
6. Добудько Т.В., Пугач О.И. Формирование представлений о сквозных цифровых технологиях у будущих учителей-логопедов // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10. № 3. С. 224-229.
7. Логунова Т.В., Логунова О.С. Цифровизация и логопедия в образовательном процессе // Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Магнитогорск, 14-16 июня 2021 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. С. 30-32.

Сведения об авторах

Ильина Елена Александровна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск. <https://orcid.org/0000-0002-9143-4343>

Логунова Татьяна Валерьевна – студентка, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: t-logunova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9925-3109>

УДК 621.3

ГРУППОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ЗАВОДСКИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Морщакин А.Э., Газизова О.В.

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

Аннотация. Расширение промышленными предприятиями собственных источников электроэнергии существенно усложняет эксплуатационные и аварийные режимы работы и требует усовершенствования систем регулирования возбуждения и скорости. В данной статье рассмотрено групповое регулирование систем возбуждения синхронных генераторов с целью повышения статической и динамической устойчивости заводских электростанций. Составлен алгоритм группового автоматического регулирования возбуждения генераторов, позволяющий выравнять углы роторов синхронных генераторов путем регулирования тока возбуждения. Произведена реализация разработанного программного алгоритма в среде MATLAB.

Ключевые слова: синхронный генератор, статическая и динамическая устойчивость, групповое регулирование возбуждения, заводская электростанция.

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения статической и динамической устойчивости синхронных генераторов заводских электростанций с целью повышения надежности работы систем электроснабжения, а также снижения электрических и экономических потерь предприятия. Основные положения по исследованию систем возбуждения синхронных генераторов приведены в [1, 2]. В трудах [3, 4] приводится состояние данного вопроса за рубежом, отмечаются особенности функционирования систем возбуждения и формирование сигналов с учетом демпферных моментов. Вопросы организации систем регулирования напряжения при наличии объектов малой энергетики приведены в работах [5–8]. Исследование вопросов применения сильного регулирования возбуждения в сложных электроэнергетических системах приведено в трудах [9–11]. Использование цифровых двойников для управления режимами приведено в труде [12]. Вопросы потери возбуждения синхронного генератора заводской электростанции приведены в работах [13, 14].

Во-первых, для решения данной проблемы необходимо разработать алгоритм группового автоматического регулирования возбуждения генераторов заводских электростанций. Во-вторых, разработать упрощенную математическую модель синхронного генератора и его систем регулирования для оценки эффективности разработанного алгоритма.

Создание алгоритма группового автоматического регулирования возбуждения (АРВ) было сде-

лано на основании статьи [1]. Первым шагом является задание исходных параметров загрузки по току возбуждения и механической мощности (мощности турбины). Затем производится первый расчет режима при параллельной работе. Определяются углы роторов синхронных генераторов, а также средний угол $\delta_{\text{ср}}$. Следующим шагом для n -го генератора производится сравнение среднего угла δ и угла δ выбранного генератора. Если угол $\delta_i > \delta_{\text{ср}}$, тогда понижаем ток возбуждения группового регулятора, если $\delta_i < \delta_{\text{ср}}$ – понижаем, соответственно. Далее рассчитываем новый режим с новыми параметрами, снова определяем углы δ_i и $\delta_{\text{ср}}$. Если $\delta_i \neq \delta_{\text{ср}}$, тогда возвращаемся к этапу изменения тока возбуждения. Если это равенство не выполняется, получаем нужные углы δ .

Упрощенная модель представлена на рис. 1.

Она представляет собой систему из блоков: групповой регулятор возбуждения, задатчик напряжения возбуждения, турбина, синхронный генератор, скорость вектора энергосистемы, упрощенная двигательная нагрузка, активная нагрузка.

Модель группового регулирования возбуждения внутри представлена на рис. 2.

Эта модель представлена математически. На входе подается сигнал в виде инерционного звена первого порядка каждого из генераторов. Далее происходит сложение трех углов δ , затем производится расчет среднего угла δ . Выводятся зависимости и, согласно алгоритму, увеличивается или уменьшается ток возбуждения.

На рис. 3 представлены следующие графики.

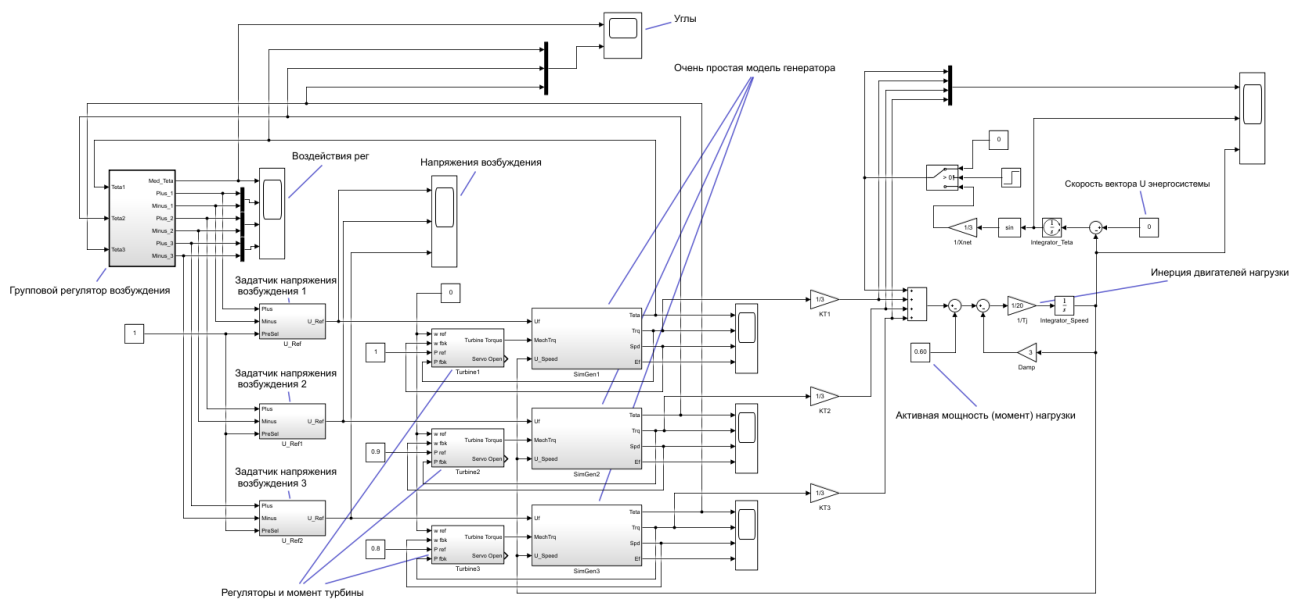


Рис. 1. Упрощенная модель группового регулирования возбуждения

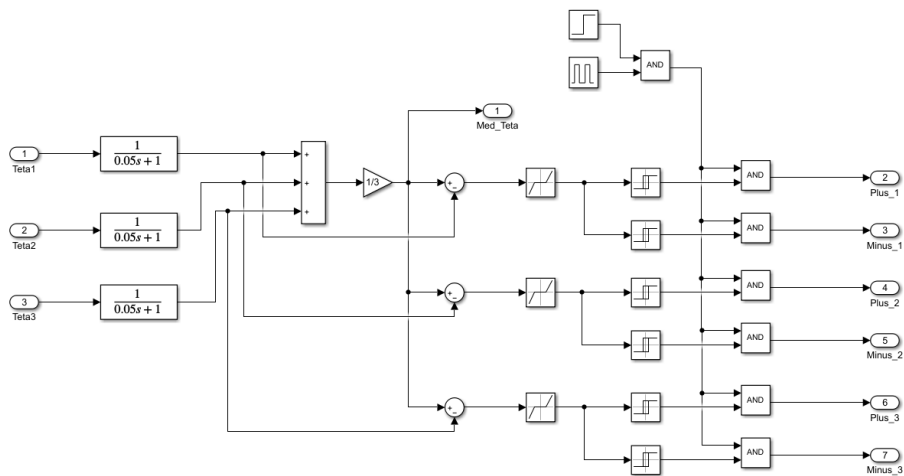


Рис. 2. Модель группового регулирования возбуждения

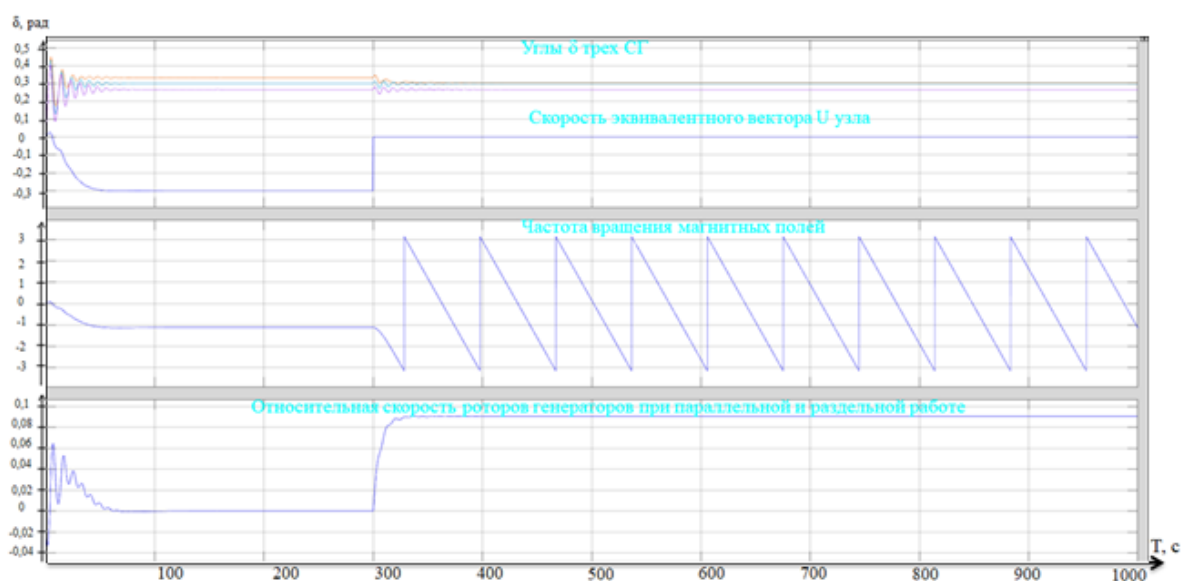


Рис. 3. Итоговые графики синхронных генераторов

Благодаря им можно определить коэффициенты запаса каждого из генераторов и проверить эффективность регулятора. Если углы роторов генераторов станут приблизительно равными, значит статическая и динамическая устойчивость системы повысится.

Полученный алгоритм позволяет осуществлять групповое регулирование возбуждения с целью повышения статической и динамической устойчивости синхронного генератора как при параллельной, так и раздельной работе.

Список литературы

1. Юрганов А.А., Кожевников В.А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов. СПб.: Наука, 1996. 138 с.
2. Гуриков О.В. Методика выбора параметров настройки системных стабилизаторов микропроцессорных автоматических регуляторов возбуждения, работающих в энергообъединениях сложной структуры: дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2020.
3. Николаев А.А., Даниленко А.С., Ложкин И.А. Исследование различных типов стабилизаторов PSS, используемых в системах автоматического регулирования возбуждения синхронных генераторов // *Электротехника: сетевой электронный научный журнал*. 2018. Том 5, №1. С. 3–10. DOI: 10.24892/RIJEE/20180101
4. Xiufeng, Shi Research on Measures to Improve Stability of the Power System / Shi Xiufeng, Mu Shiguang – *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 742 (2015), pp. 648-652.
5. Илюшин П.В., Куликов А.Л. Автоматика управления нормальными и аварийными режимами энергорайонов с распределенной генерацией: монография. Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2019. 364 с.
6. Средства и перспективы управления реактивной мощностью крупного металлургического предприятия / Г.П. Корнилов, А.А. Николаев, А.Ю. Коваленко, Е.А. Кузнецов // *Электротехника*. 2008. № 5. С. 25-32.
7. Analysis of Short Circuit Transients with Separate Operation of Iron and Steel Industry Power Plant with Account of Dynamic Characteristics of Industrial Load. Gazizova O.V., Kondrashova Y.N., Sokolov A.P. // *Proceedings - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019*. 2019. С. 7-12.
8. Газизова О.В., Кондрашова Ю.Н., Малафеев А.В. Повышение эффективности управления режимами электростанций промышленного энергоузла за счет прогнозирования статической и динамической устойчивости при изменении конфигурации сети // *Электротехнические системы и комплексы*. 2016. № 3 (32). С. 27-38. [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2016-3\(32\)-27-38](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2016-3(32)-27-38)
9. Коган Ф.Л. Особенности сильного регулирования возбуждения синхронных генераторов в сложной энергосистеме // *Электрические станции*. 2019. № 7. С. 27-35. <http://dx.doi.org/10.34831/EP.2019.1056.44192>
10. Коган Ф.Л. Повышение эффективности стабилизации режима при возмущениях в энергосистеме // *Электричество*. 2020. № 5. С. 4–11. <https://doi.org/10.24160/0013-5380-2020-5-4-11>
11. Калентионок Е.В., Филипчик Ю.Д. Управление реактивной мощностью генераторов электростанций для повышения устойчивости электроэнергетических систем // *Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика*. 2009. №6. С. 23-30.
12. Концептуальные направления создания цифровых двойников электротехнических систем агрегатов прокатного производства / А.А. Радионов, А.С. Карандаев, Б.М. Логинов, О.А. Гасиярова // *Изв. вузов. Электромеханика*. 2021. Т. 64. № 1. С. 54-68. <https://doi.org/10.17213/0136-3360-2021-1-54-68>
13. Анализ допустимости режима потери возбуждения синхронного генератора в условиях промышленной системы электроснабжения сложной конфигурации / О.В. Газизова, А.П. Соколов, Н.Т. Патшин, Ю.Н. Кондрашова // *Электротехнические системы и комплексы*. 2019. № 2 (43). С. 12-18. [https://doi.org/10.18503/2311-8318-2019-2\(43\)-12-18](https://doi.org/10.18503/2311-8318-2019-2(43)-12-18)
14. Study of the Transients with the Loss of Field of the Synchronous Generator in the Industrial Electric Power Station. Sokolov A.P., Gazizova O.V., Kondrashova Y.N. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific-Practical Conference on Quality Management and Reliability of Technical Systems 2019*. 2019. С. 012033.

Сведения об авторах

Морцакин Александр Эдуардович – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Газизова Ольга Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры ЭПП, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: logan_b_7@mail.ru. orcid.org/0000-0001-9416-672X

УДК 005.1

АПРИОРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИТ-ПРОЕКТОВ

Ошурков В.А., Волков А.Ф.

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

Аннотация. Цель исследования – определение факторов, оказывающих влияние на качество оценки эффективности ИТ-проектов. Объектом исследования выступают ИТ-проекты, предметом исследования – оценка эффективности ИТ-проектов. Для достижения цели были выделены факторы, влияющие на качество оценки эффективности ИТ-проектов, разработана матрица рангов факторов, проведено априорное ранжирование факторов. Определено, что на качество оценки ИТ-проекта в наибольшей степени оказывают влияние методы контроля ИТ-проектов, методы управления ИТ-проектом и корпоративные информационные системы управления ИТ-проектами. Результаты исследования являются основой для дальнейшей разработки системы оценки эффективности ИТ-проектов.

Ключевые слова: ИТ-проект, априорное ранжирование, факторы, оценка эффективности, матрица рангов.

Эффективность ИТ-проектов определяется соответствием между поставленными бизнес-целями ИТ-проекта с учётом сметной стоимости запланированных работ и конечным результатом от внедрённого ИТ-решения с освоенными затратами. Перед формированием базового плана ИТ-проекта оценка эффективности позволяет определить трудозатраты по ИТ-проекту, перечень возможных рисков, сопряженных с ИТ-проектом, и окупаемость ИТ-проекта. В ходе реализации ИТ-проекта периодическая оценка эффективности предоставляет исходные данные, дающие представление о выполненных работах: отставание от сроков, соответствие бизнес-целям ИТ-проекта и др. Поэтому наиболее актуальным является комплексная и качественная оценка эффективности ИТ-проекта на всех стадиях его реализации, начиная от этапа инициации и заканчивая этапом ввода в действия.

Вопросами оценки эффективности ИТ-проектов занимались Г.Г. Верников, В.В. Баронов. Вклад в теорию оценки инвестиционных проектов, на основе которых сформированы методы и методики для расчёта эффективности ИТ-проектов, внесли учёные А.В. Воронцовский, В.В. Ковалев [1]. В работах не исследованы факторы, влияющие на качество оценки ИТ-проектов.

Качество оценки эффективности ИТ-проектов напрямую зависит от используемых методик, качества и наличия необходимых исходных данных. Исходные данные для оценки эффективности ИТ-проектов хранятся в различных источниках [2]: корпоративные информационные системы управ-

ления ИТ-проектами, имеющие базы данных; файлы, формируемые в текстовых редакторах; деловые переписки и т.д. Аккумулирование исходных данных для оценки эффективности ИТ-проектов в едином информационном пространстве позволяет наиболее качественно провести анализ эффективности. К другим факторам, которые влияют на качество оценки эффективности ИТ-проектов, относятся [3]: методы контроля ИТ-проектов (методы и методики для контроля областей знаний по управлению проектами); методы управления ИТ-проектом (методы и методики управления проектами); заказчик (коммуникации с заказчиком); команда ИТ-проекта (квалификация и пр.).

Факторы определены по результатам опроса руководителей ИТ-проектов, но ввиду того, что на этапе предварительного изучения объекта исследования мнения экспертов относительно степени влияния каждого фактора является разнородным. В целях ранжирования факторов по степени их влияния и согласования мнений экспертов использован метод априорного ранжирования.

Исходные данные для проведения априорного ранжирования факторов: факторы, влияющие на качество оценки ИТ-проектов (табл. 1); ранги по каждому из факторов (табл. 2). Также выдвигается нулевая гипотеза о несогласованности мнений экспертов.

Для определения степени влияния факторов на качество оценки эффективности ИТ-проектов проведено распределение факторов по методу априорного ранжирования [4], и в качестве экспертной группы выступали руководители

ИТ-проектов компании КОНСОМ ГРУПП, в составе четырех респондентов.

Таблица 1

Факторы, влияющие на качество оценки эффективности ИТ-проектов

Наименование фактора	Обозначение
Методы контроля ИТ-проектов	X_1
Методы управления ИТ-проектом	X_2
Заказчик	X_3
Корпоративные информационные системы управления ИТ-проектами	X_4
Команда ИТ-проекта	X_5

Таблица 2

Матрица рангов

Эксперты	Ранги по каждому фактору				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	2	1	5	4	3
2	4	1	5	2	3
3	3	1	4	2	5
4	2	1	4	3	4
Сумма рангов ($\sum_{j=1}^m a_{ij}$)	11	4	18	11	15
Отклонение суммы рангов (Δ_i) от средней суммы рангов ($\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$)	-3,75	-10,75	3,25	-3,75	0,25
Квадраты отклонений (Δ_i^2)	14,1	115,6	10,6	14,1	0,1

Эксперты ранжировали основные факторы, влияющие на качество оценки эффективности ИТ-проектов, при этом каждому фактору присваивался ранг от 1 до 5, где 1 – это минимальная степень влияния фактора. Матрица рангов представлена в табл. 2.

В табл. 2 введены обозначения:

- m — число опрошенных специалистов;
- a_{ij} – ранг i -го фактора, присвоенный j -м исследователем;
- k – количество факторов.

После формирования матрицы рангов оценена согласованность мнений экспертов посредством коэффициента конкордации W , который равен 0,96.

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (1)$$

где $S = \sum_{i=1}^k \Delta_i^2$; m – число опрошенных специалистов; Δ_i^2 – квадраты отклонений; k – количество факторов.

Имея значения коэффициента конкордации, установлена его значимость по критическим точкам распределения Пирсона [5], рассчитывая значения статистики критерия χ_p^2 по формуле

$$\chi_p^2 = m(k-1) \cdot W, \quad (2)$$

где m – число опрошенных специалистов; k – количество факторов; W – коэффициент конкордации.

Значение статистики критерия χ_5^2 равно 15,36. В таблице критических точек распределения Пирсона, при 4 степенях свободы и уровне значимости 0,05, критическое значение $\chi_t^2 = 9,5$. Ввиду того, что $\chi_5^2 > \chi_t^2$, то нулевая гипотеза отклоняется, что говорит о согласованности мнений экспертов.

В целях выявления влияющих факторов и отсеивания факторов, которые оказывают несущественное влияние на качество оценки эффективности ИТ-проектов, построена диаграмма рангов (рис. 1). Дополнительно рассчитана средняя сумма рангов $\bar{\Delta} = 11,8$. Наибольшая степень влияния факторов определяется:

- наименьшей суммой рангов по фактору;
- положением относительно линии средней суммы рангов ($\bar{\Delta}$) – находящиеся ниже средней суммы рангов.

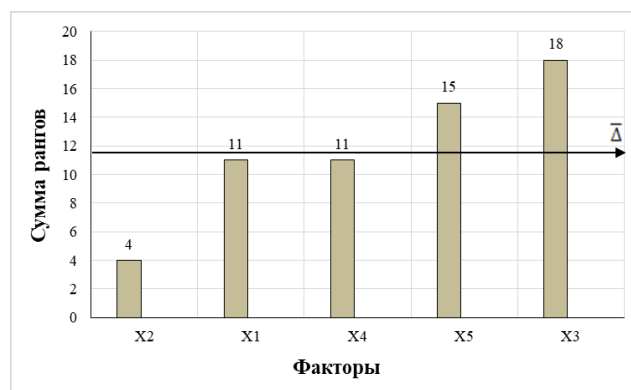


Рис. 1. Диаграмма рангов по факторам, оказывающим влияние на качество оценки ИТ-проектов

В итоге определено, что на качество оценки ИТ-проекта в наибольшей степени оказывают влияние факторы X_1 , X_2 и X_4 (рис. 2): методы контроля ИТ-проектов, методы управления ИТ-проектом и корпоративные информационные системы управления ИТ-проектами. Результаты исследования являются основой для дальнейшей разработки системы оценки эффективности ИТ-проектов, включающая комплекс методик для оценки и программные алгоритмы.

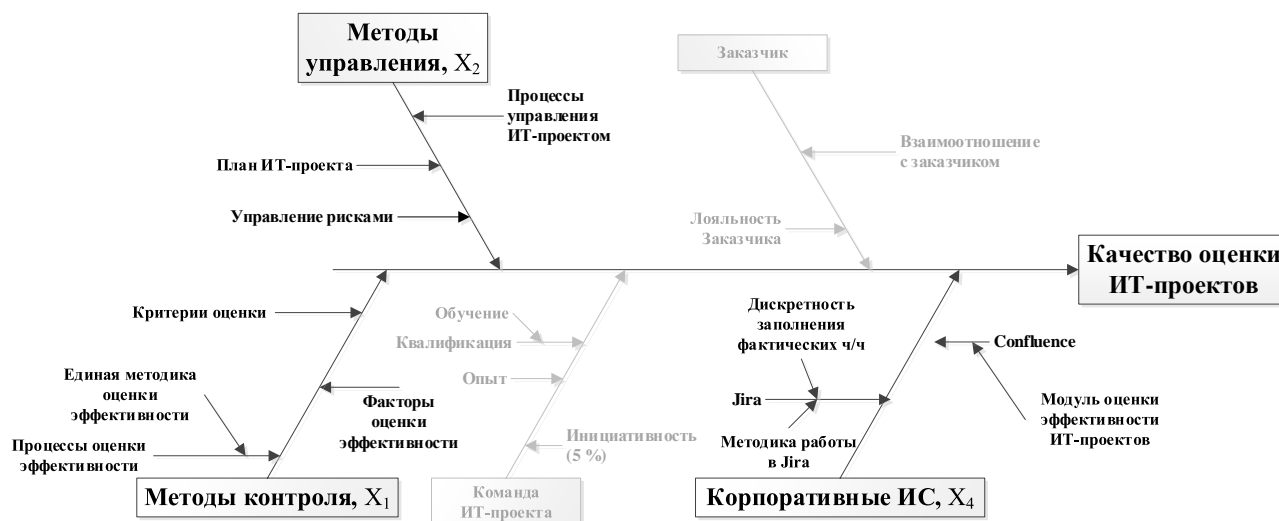


Рис. 2. Диаграмма причин и факторов, влияющих на качество оценки ИТ-проектов

Список литературы

1. Мамаева Г.А. Моделирование оценки экономической эффективности информационных проектов: дис. ... канд. техн. наук / Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет. Санкт-Петербург, 2010.
2. Ошурков В.А., Макашова В.Н. Внедрение корпоративного сервиса «Jira» как элемента системы управления программными проектами // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2015. № 1 (6). С. 61-66.
3. Ошурков В.А., Волков А.Ф. Результаты анализа факторов, влияющих на качество оценки ИТ-проектов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 80-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2022. Т. 1. С. 406.
4. Априорное ранжирование факторов: методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов» / сост. А.В. Щекин. Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2004. 12 с.
5. Критерий согласия Пирсона [Электронный ресурс] : СтатАнализ. URL : <https://statanaliz.info/statistica/proverka-gipotez/kriterij-soglasiya-pirsona-khi-kvadrat> (дата обращения: 18.04.2022).

Сведения об авторах

Ошурков Вячеслав Александрович – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Волков Андрей Федорович – студент АПИМ-21, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: veems@mail.ru

УДК 62-614

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ТРЁХКОМПОНЕНТНОГО ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА НА ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Ситкина Д.А., Матвеев С.В.

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

Аннотация. Повышение производительности черной металлургии по выплавке стали и чугуна неизбежно приводит к увеличению объема производства вторичных горючих энергетических ресурсов – коксового и доменного газов. Использование этих газов прямым или косвенным образом в теплотехнологии черной металлургии является неотъемлемой задачей. В данной работе исследованы показатели работы котельного агрегата для производства пара заданных параметров с использованием смеси коксового, доменного и природного газов. В качестве показателей работы котлоагрегата определены: низшая теплота сгорания смеси, объем продуктов сгорания, КПД котлоагрегата.

Ключевые слова: доменный газ, коксовый газ, природный газ, смесь газов, КПД котлоагрегата, продукты сгорания, состав газов, теплота сгорания.

С каждым годом масштабы производства продуктов и полупродуктов черной металлургии растут. Только за 2020 год, согласно мировой статистике, было выплавлено порядка 1,878 млрд т сырой стали и 1,350 млрд т чугуна [1]. На каждую тонну выплавленного чугуна затрачивается порядка 285–450 кг металлургического кокса [2–4]. В результате производства чугуна и кокса образуются горючие газы, такие как доменный и коксовый, которые классифицируют как горючие вторичные энергетические ресурсы [5]. При производстве чугуна в доменных печах образуется от 1500 до 2000 м³/т доменного газа, а при производстве кокса от 460 до 520 м³/т коксового газа [6]. Масштабы получения таких вторичных энергетических ресурсов поднимают вопрос использования данных газов. Практический и теоретический опыт энергетиков металлургической отрасли позволяет четко выделить основные направления использования коксового и доменного газов:

1. Производство водяного пара в котельных установках.

2. Производство электроэнергии на основе паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установок.

3. Производство горячей технической или пожарно-питьевой воды.

4. Регенеративное или последующее технологическое теплоиспользование в теплотехнологиях доменного и коксохимического производства.

В настоящее время в энергетике металлургического предприятия широко используется сов-

местное использование доменного, коксового газов с природным.

В данной работе поставлена цель исследования влияния использования смеси газов на эффективность производства водяного пара в котельной установке. Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Исследовать Q_n^p в зависимости от долевого состава газов.

2. Исследовать объём продуктов сгорания в зависимости от долевого состава газов.

3. Исследовать эффективность использования смеси топлива на заданную паропроизводительность котлоагрегата.

Для достижения поставленных в работе задач были приняты следующие составы доменного, коксового и природного газов (табл. 1).

С использованием формул (1)–(3) были пересчитаны составы смеси газов, определены низшая теплота сгорания смеси газов и объём продуктов сгорания. Результаты представлены на рис. 1 и в табл. 2.

$$\text{CH}_{4(\text{смеси})} = \text{CH}_{4(\text{дл})} \cdot X + \text{CH}_{4(\text{кр})} \cdot Y + \text{CH}_{4(\text{пр})} \cdot Z(X), \quad (1)$$

где X – доля доменного газа;

Y – доля коксового газа;

Z – доля природного газа, $Z = 1 - X - Y$.

$$Q_{n(\text{смеси})}^p = 127,7 \cdot \text{CO}_{(\text{смеси})} + 108 \cdot \text{H}_{2(\text{смеси})} + 358 \cdot \text{CH}_{4(\text{смеси})} + 636 \cdot \text{C}_2\text{H}_{6(\text{смеси})} + 913 \cdot \text{C}_3\text{H}_{8(\text{смеси})} + 1185 \cdot \text{C}_m\text{H}_{n(\text{смеси})}. \quad (2)$$

$$V_{\text{RO}_2(\text{смеси})} = 0,01 \cdot (\text{CO}_{(\text{смеси})} + \text{CO}_{2(\text{смеси})} + \text{CH}_{4(\text{смеси})} + 2\text{C}_2\text{H}_{6(\text{смеси})} + 3\text{C}_3\text{H}_{8(\text{смеси})} + 5\text{C}_m\text{H}_{n(\text{смеси})}).$$

$$V_{H_2O(смеси)} = 0,01 \cdot (H_{2(смеси)} + 2CH_{4(смеси)} + 3C_2H_{6(смеси)} + 4C_3H_{8(смеси)} + 6C_mH_n(смеси)); \quad (3)$$

$$V_{N_2(смеси)} = 0,01 \cdot N_{2(смеси)} + \alpha \cdot 3,76 \cdot V_{O_2(смеси)};$$

$$V_{пс(смеси)} = V_{RO_2(смеси)} + V_{H_2O(смеси)} + V_{N_2(смеси)}.$$

Из результатов табл. 2 можно сделать вывод, что 100% сжигание природного газа выделяет максимальное количество продуктов сгорания (до 10,7 м³/м³), минимальное – 1,6 м³/м³ при 100% сжигании доменного газа.

Для исследования эффективности и расхода смеси газов на заданную паропроизводительность

котлоагрегата был выбран парогенератор с параметрами: $P = 3,3$ МПа, $D = 100$ т/ч, $t_{пит.воды} = 105^\circ\text{C}$, $t_{пл.} = 425^\circ\text{C}$, $p = 7\%$, коэффициент избытка воздуха $\alpha=1$. В качестве критерия эффективности был принят КПД котельного агрегата Брутто. На рис. 2 изображены результаты расчетов КПД котлоагрегата в зависимости от состава смеси газов. Из представленной на рис. 2 зависимости видно, что наивысшая эффективность генерации пара 92,93% достигается при 50% коксового и 50% природного газов без наличия доменного, самая низкая – 89,56% при 100% доменного газа.

Таблица 1

Состав горючих газов

Вид газа	Метан, %	Кислород, %	Этан, %	Пропан, %	Азот, %	Углекислый газ, %	Окись углерода, %	Водород, %	Тяжелые углеводороды, %
Природный газ	96	-	3,0	0,2	0,5	0,3	-	-	-
Коксовый газ	24	0,5	-	-	3,5	2	8	60	2
Доменный газ	0,5	-	-	-	56	17	23	3,5	-

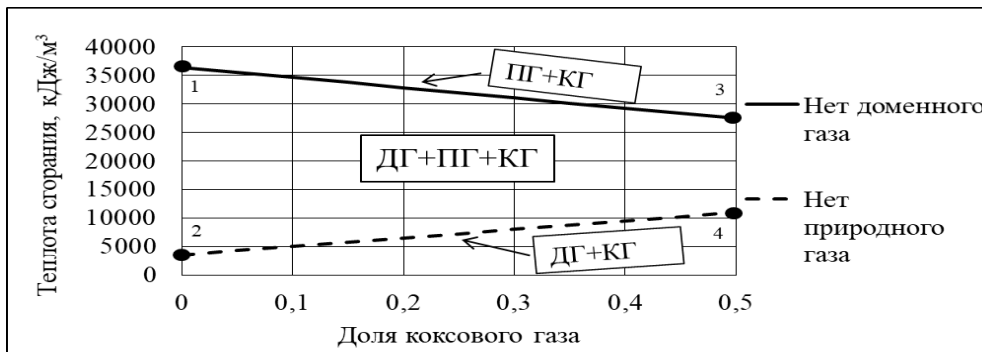


Рис. 1. Зависимость теплоты сгорания от состава смеси газов:

т. 1 – 100% природного газа (ПГ); т. 2 – 100 % доменного газа (ДГ); т. 3 – 50% ПГ+50% коксового газа (КГ); т. 4 – 50% ДГ+50% (КГ)

Таблица 2

Объем продуктов сгорания при сжигании смеси газов $V_{пс(смеси)}$, м³/м³

Доля коксового газа	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Нет доменного газа	10,7	10,4	10,2	9,9	9,6	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0
Нет природного газа	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4

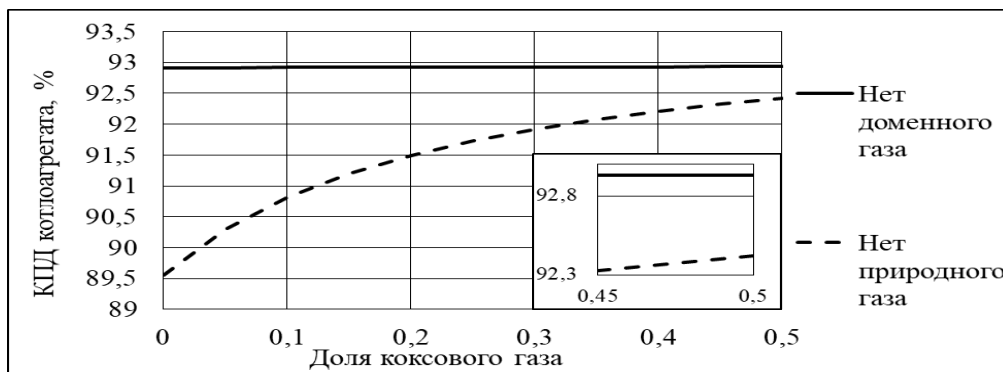


Рис. 2. Зависимость КПД котлоагрегата от состава смеси газов

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод, что добавка к доменному коксового и природного газов повышает его калорийность и эффективность энергоиспользования. При добавке к природному газу коксового и доменного можно снизить объем продуктов сгорания и повысить КПД генерации пара.

Список литературы

1. https://worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/annual-production-steel-data/P1_crude_steel_total_pub/CHN/IND
2. Филатов С.В., Дагман А.И., Титов В.Н. Энергоэффективная технология выплавки чугуна в ПАО НЛМК // Черная металлургия. Бюллетень научнотехнической и экономической информации. 2019; 75(1):3236. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2019-1-32-36>
3. Пат. 2135596 С1 Российская Федерация, МПК С21В 5/00. Способ выплавки чугуна : № 98117810/02 : заявл. 28.09.1998 : опубл. 27.08.1999 / В. П. Горбачев, Л. Д. Никитин, М. Ф. Марьясов [и др.]; заявитель ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат». EDN ZROBWH.
4. Савченко В.Н., Падалка Н.А. Пути снижения энергозатрат в доменном производстве // Актуальные проблемы металлургии чугуна и стали : сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции, г. Алчевск, 20 мая 2021 года / под общ. ред. С.В. Куберского. Алчевск: ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. С. 20–23.
5. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Горяев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 424 с.
6. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учеб. пособие для вузов. Москва: Издательский дом МЭИ, 2019. ISBN 978-5-383-01246-8. Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [Сайт]. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012468.html>

Сведения об авторах

Ситкина Дарья Александровна – студент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск. E-mail: sitkinadara@gmail.com.

Матвеев Сергей Валерьевич – инженер, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск. E-mail: matveev_s_v@inbox.ru

УДК 621.314.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ФУНКЦИЕЙ ВЫБОРА ТАБЛИЦ УГЛОВ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ IGBT-ТИРИСТОРОВ

Николаев А.А., Гилемов И.Г., Буланов М.В.

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

Аннотация. В статье были исследованы динамические режимы работы активных выпрямителей преобразователей частоты с предложенной ранее усовершенствованной системой управления. Данная система управления позволяет применять таблицы углов переключения IGBT-тиристорov с различной частотой коммутации в зависимости от режима работы преобразователя частоты. Смена таблиц производилась при равенстве сигналов управления силовыми ключами активного выпрямителя, сформированными при использовании текущей и новой таблицы. Исследования проводились на разработанной ранее имитационной модели в программном пакете Matlab-Simulink. Анализ результатов исследования показал минимальные возмущающие воздействия на регулируемые параметры активного выпрямителя при смене таблиц.

Ключевые слова: преобразователь частоты, активный выпрямитель, широтно-импульсная модуляция.

Введение

Внутризаводские системы электроснабжения промышленных предприятий в России часто сталкиваются с проблемами электромагнитной совместимости [1–3]. Одними из основных источников электромагнитных помех являются мощные преобразователи частоты с активными выпрямителями (ПЧ с АВ) [1–4]. Работа таких преобразователей может нарушить нормальное функционирование других потребителей электроэнергии в распределительной системе электроснабжения предприятия, привести к аварийным режимам или выходу электроприёмников из строя [1, 2]. Наиболее ярко такие проблемы проявляются в существующих системах электроснабжения, где электроприводы с ПЧ с АВ появляются в результате модернизации технологических агрегатов [1, 2]. К проблемам ЭМС в системах электроснабжения с мощными ПЧ с АВ могут приводить недостаточная мощность линий питания, подключение чувствительных электроприёмников параллельно мощным преобразователям, неправильный выбор или неправильная настройка преобразователей или их элементов [1, 3].

С целью снижения негативного влияния ПЧ с АВ на питающую сеть предусматривают различные варианты улучшения ЭМС. Оптимальным вариантом является организация питания мощных ПЧ от отдельного понизительного трансформатора. В ряде

случаев, когда такой вариант невозможен, применяют специальные фильтро-компенсирующие устройства. Однако подобные способы связаны со значительными капитальными затратами.

Иной путь улучшения ЭМС ПЧ с АВ с питающей сетью предполагает использование специальных алгоритмов ШИМ АВ. Например, ШИМ с удалением выделенных гармоник (ШИМ с УВГ) позволяет исключить из спектра потребляемого АВ тока ряд гармоник с определёнными номерами [5–8]. Широтно-импульсная модуляция с подавлением выделенных гармоник (ШИМ с ПВГ) позволяет снизить величины некоторых гармоник до определённого уровня [9, 10]. Однако данные алгоритмы ограничены возможностью отыскания математического решения описывающих их систем уравнений, учитывающих частоту коммутации силовых ключей и число гармоник. Для ШИМ с УВГ обычно максимальное число гармоник, подлежащих исключению, составляет $n - 1$, где n – число переключений за четверть периода.

Увеличение частоты коммутации силовых ключей АВ позволяет удалять дополнительные гармоники потребляемого тока. Это улучшает ЭМС ПЧ с питающей сетью. Однако увеличение частоты коммутации вызывает дополнительный нагрев силовых ключей. В результате может потребоваться установка более мощной системы охлаждения преобразователя или снижение максимально допустимой величины тока, что вызывает увеличение стоимости ПЧ.

В работе [2] авторами была предложена усовершенствованная система управления (СУ) АВ с

функцией выбора таблиц углов переключения силовых ключей с различной частотой коммутации в зависимости от режима работы электропривода. При работе электропривода с неполной нагрузкой или на холостом ходу допустимо некоторое увеличение частоты коммутации силовых ключей АВ без их перегрева. Также в работе был представлен упрощенный подход к определению граничных значений токов для таблиц с различной частотой коммутации. Результаты работы показали положительный технический эффект от применения предлагаемой СУ в отношении снижения суммарного коэффициента гармонических составляющих K_U для общей точки подключения внутриводских потребителей.

Однако в работе [2] было отмечено, что анализу не подвергались динамические режимы работы АВ ПЧ при переходе с одной таблицы на другую. Обеспечение устойчивой работы АВ в таких режимах является важным для внедрения предлагаемой СУ на практике.

Система управления с функцией выбора таблиц углов переключения

Предлагаемая система управления уже была описана в работе [2]. На рис. 1 представлена структурная схема системы управления АВ с возможностью изменения частоты коммутации силовых ключей в зависимости от режима работы электропривода. Система управления выполнена на основе алгоритма ШИМ с УВГ. Система регулирования состоит из двух контуров и является типовой. Основные изменения были произведены в блоке ШИМ.

Блок ШИМ включает в себя несколько таблиц углов переключения силовых ключей АВ с различной частотой коммутации, блоки расчёта импульсов управления, переключатель и блок выбо-

ра и синхронизации. Блок выбора и синхронизации состоит из блока выбора таблицы, блока сравнения и запоминающего устройства. На вход блока выбора таблицы подаётся величина активной составляющей тока АВ i_d или величина её задания $i_{d.ref}$. Блок сравнивает текущую величину с заранее определёнными уставками для каждой таблицы и на выходе формирует номер требуемой таблицы n'_t . Блок сравнения производит сравнение сигналов управления силовыми ключами АВ при использовании текущей таблицы n_t и требуемой n'_t . В момент времени, когда состояния ключей одинаковые, формируется разрешение на переход с одной таблицы на другую – логический сигнал S_w . Блок памяти сохраняет номер необходимой таблицы n'_t как номер текущей таблицы n_t по логическому сигналу S_w . Переключатель обеспечивает передачу сигналов управления полупроводниковыми ключами АВ с выбранной таблицы.

Математическое моделирование

Математическое моделирование производилось на разработанной имитационной модели электропривода моталки стана холодной прокатки 1750 в среде Matlab-Simulink [2, 3]. В качестве силовых ключей в данных ПЧ применяются IGBT-тиристоры. Для проверки работоспособности СУ в динамических режимах работы была задана нагрузочная диаграмма, основанная на полученной на реальном объекте [2]. На рис. 2, а показан график изменения величины активной составляющей тока АВ при отработке нагрузочной диаграммы. Были использованы три таблицы углов переключения силовых ключей с 9, 11 и 13 переключениями за четверть периода (или 450, 550, 650 Гц). Граничные значения токов для каждой из таблиц были определены условно на основании предложенной ранее методики [2].

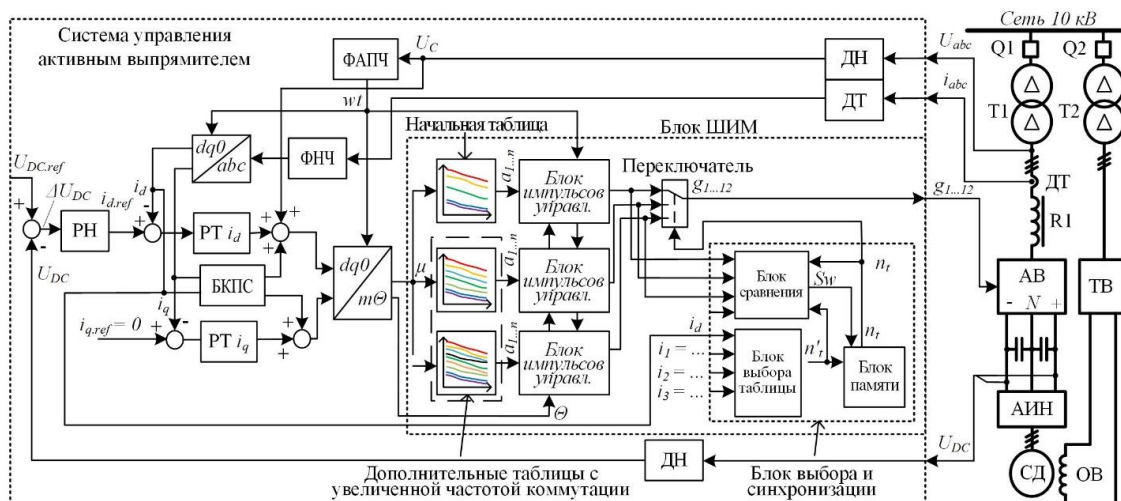


Рис. 1. Структурная схема системы управления АВ с возможностью изменения частоты коммутации силовых ключей в зависимости от режима работы электропривода

На рис. 2, б показан график изменения текущего номера таблицы углов переключения. С ростом величины тока АВ СУ снижает частоту коммутации силовых ключей, осуществляя выбор таблиц с более низким числом переключений. Как видно из рис. 2, а смена таблиц углов переключения не оказывает существенного влияния на характер изменения активной составляющей тока АВ в масштабе рисунка. Для более углубленного анализа были получены графики линейных напряжений, фазных токов АВ, номера требуемой

таблицы n'_t и логического сигнала разрешения перехода Sw (рис. 3–6) в моменты перехода с одной таблицы на другую.

На рис. 3 показан первый рассматриваемый момент – переход с таблицы «3» на таблицу «2». Переход происходит сразу же после формирования блоком выбора таблицы условия выбора таблицы «2» и не требует коммутации силовых ключей. Как видно из рис. 3, б выбор СУ другой таблицы углов переключения полупроводниковых ключей не вызывает бросков тока АВ.

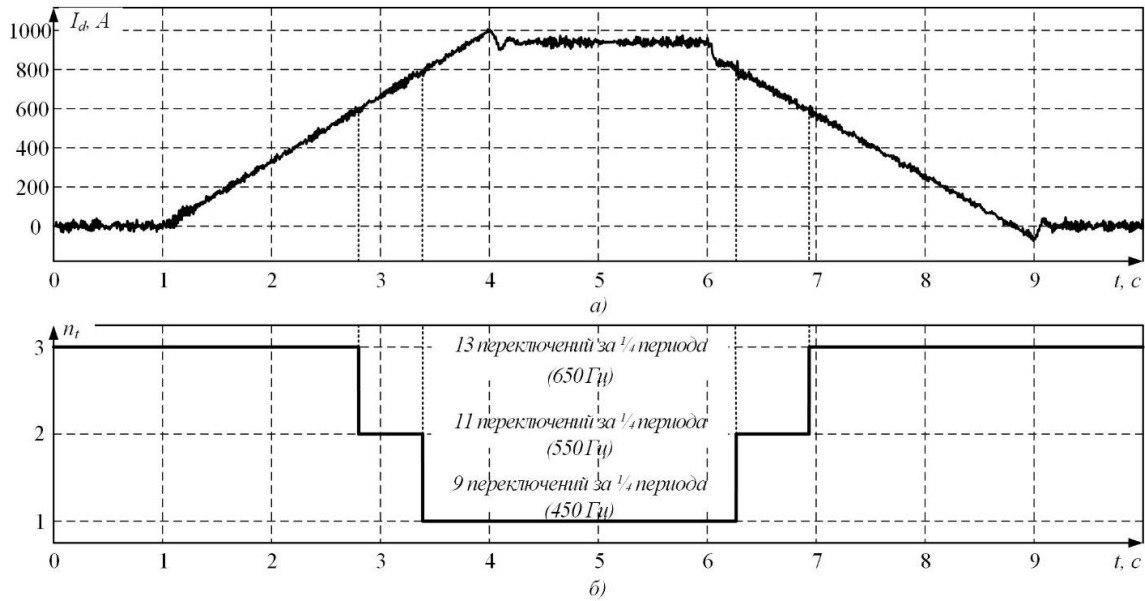


Рис. 2. Графики активной составляющей тока АВ при обработке нагрузочной диаграммы (а) и номер используемой таблицы углов переключения силовых ключей АВ (б)

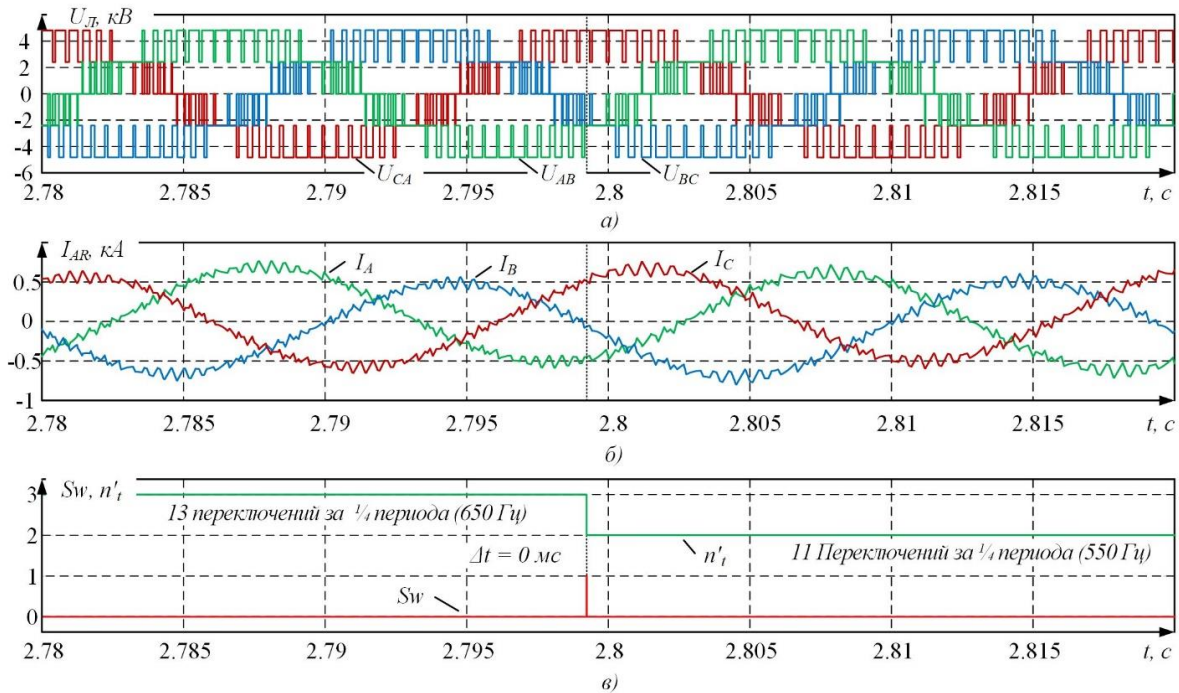


Рис. 3. Графики линейных напряжений (а), токов АВ (б), номера требуемой таблицы и сигнала разрешения при переходе с таблицы «3» на «2» (в)

При увеличении нагрузки СУ осуществляет переход на таблицу с меньшей частотой коммутации силовых ключей (см. рис. 4). В этом случае задержка составляет 0,1 мс. Так же как и в предыдущем случае, переход не вызывает значительных возмущающих воздействий на работу АВ.

Третий рассматриваемый случай – переход с таблицы «1» на таблицу «2» при снижении величины тока АВ (см. рис. 5). Переход был осуществлён без задержек и дополнительных пере-

ключений IGBT-тиристоров. Благодаря этому отсутствовали броски потребляемого АВ тока.

При дальнейшем снижении величины тока АВ СУ производит переход на таблицу с наибольшей частотой коммутации силовых ключей (см. рис. 6). Данный переход сопровождается задержкой в 0,01 мс. Так же как и во всех рассмотренных случаях, изменение номера используемой таблицы не сопровождается бросками фазных токов АВ.

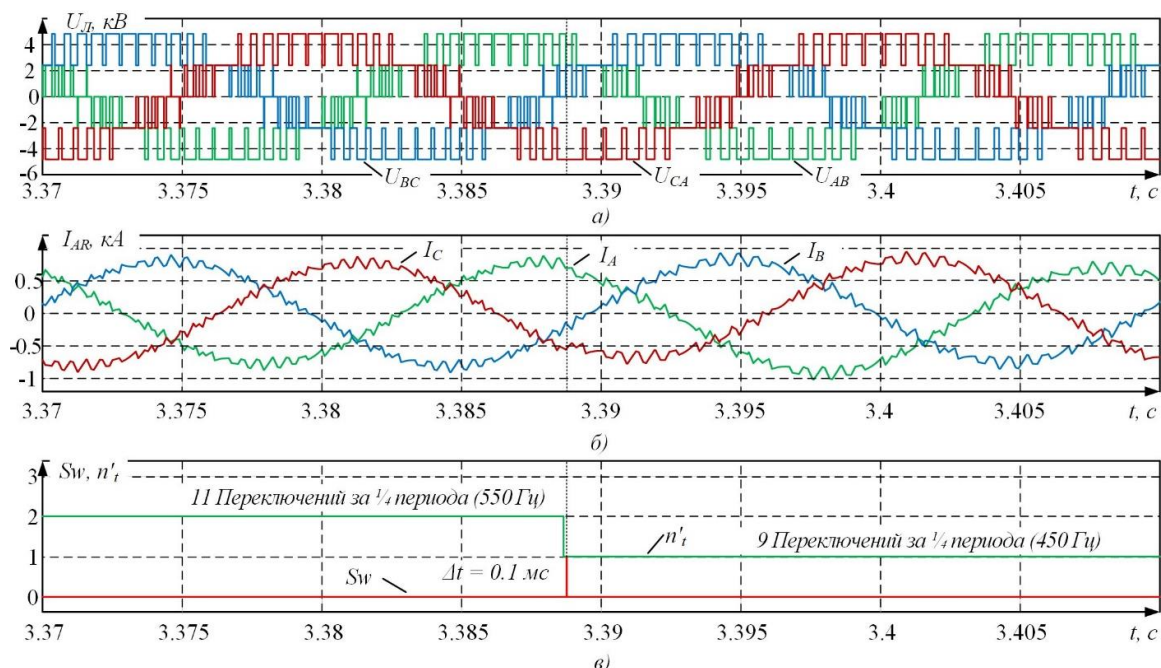


Рис. 4. Графики линейных напряжений (а), токов АВ (б), номера требуемой таблицы и сигнала разрешения при переходе с таблицы «2» на «1» (в)

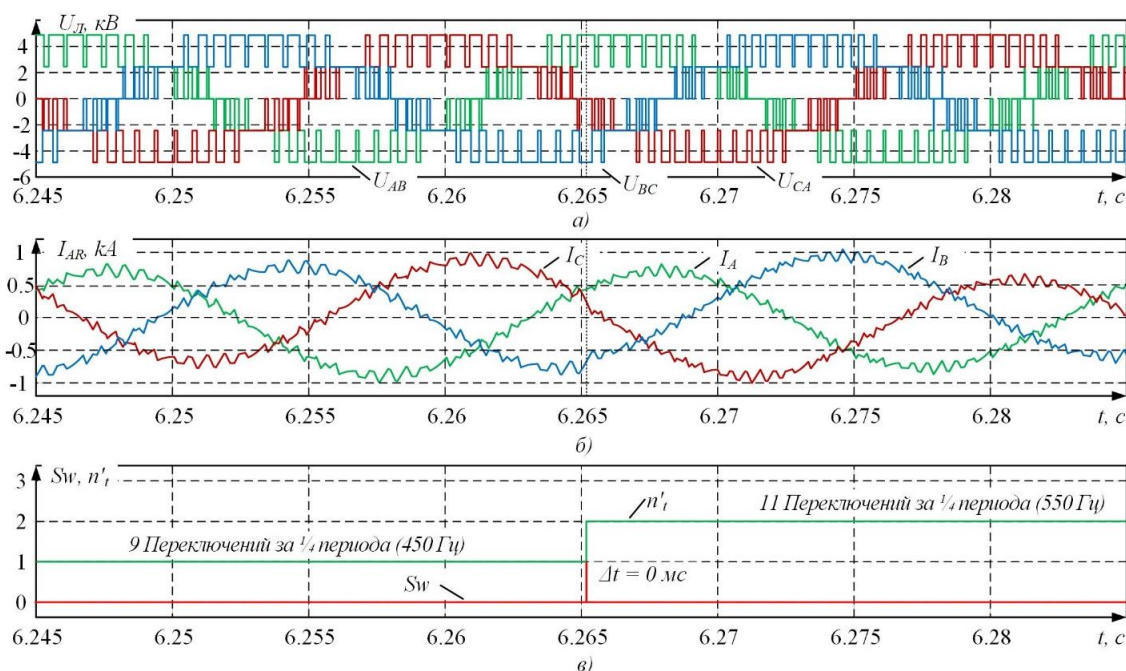


Рис. 5. Графики линейных напряжений (а), токов АВ (б), номера требуемой таблицы и сигнала разрешения при переходе с таблицы «1» на «2» (в)

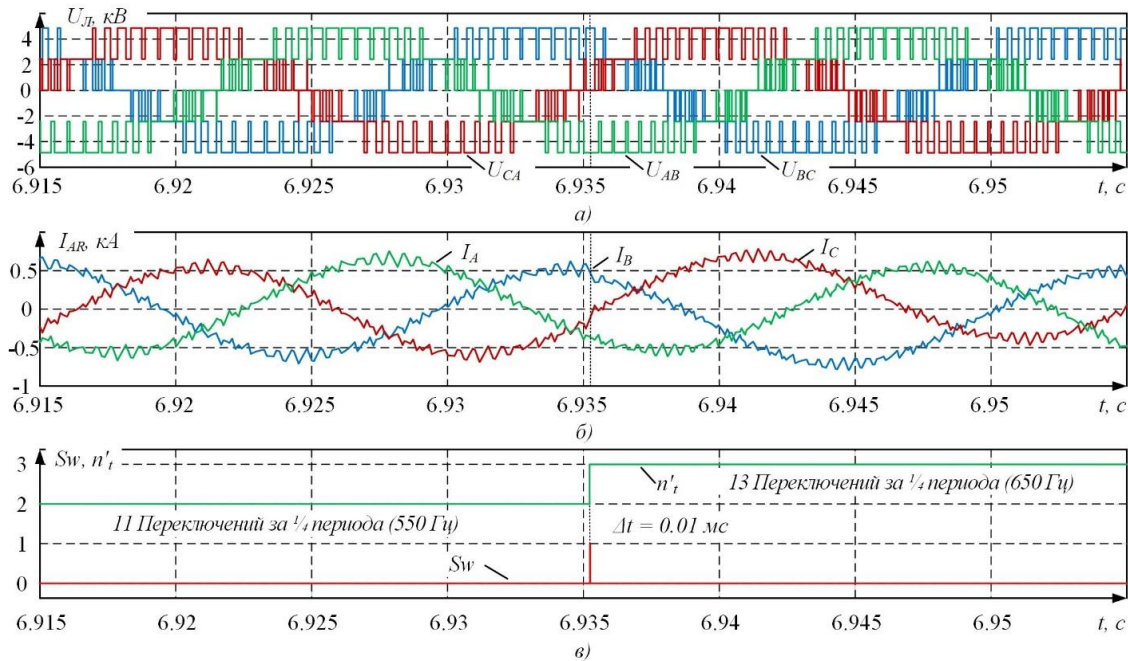


Рис. 6. Графики линейных напряжений (а), токов АВ (б), номера требуемой таблицы и сигнала разрешения при переходе с таблицы «2» на «3» (в)

Однако стоит отметить, что в ряде случаев при переходе с одной таблицы на другую в контуре регулирования токов АВ возникал переходный процесс, сопровождающийся небольшим увеличением колебаний активной составляющей тока (5–10%), рис. 5, б и рис. 6, б.

Осуществление перехода СУ с одной таблицы на другую только при отсутствии необходимости коммутации силовых ключей АВ позволяет исключить серьёзные возмущающие воздействия на работу АВ. Возникающие при этом задержки на переход достигли максимума в 0,1 мс. Данная величина является незначительной для работы СУ АВ. Вероятно, в случае работы АВ на ещё меньших частотах коммутации силовых ключей (150–250 Гц) задержки на переход могут увеличиться.

Выводы

1. Результаты исследований динамических режимов работы АВ с СУ с функцией выбора таблиц углов переключения силовых ключей показали незначительное влияние переходов с одной таблицы на другую на работу АВ. В ряде случаев возникал переходный процесс, сопровождающийся небольшим (5 – 10 %) увеличением колебаний активной составляющей тока АВ.

2. Предложенное условие осуществления выбора таблицы только при отсутствии дополнительных переключений силовых ключей вызвало незначительные задержки на переход (в среднем менее 0,1 мс). При этом переход с одной таблицы на другую не вызывает бросков фазных токов АВ.

3. Учитывая доказанную в предыдущих работах эффективность предлагаемой СУ с точки зрения улучшения ЭМС ПЧ с АВ с питающей сетью, можно рекомендовать её внедрение на практике.

Список литературы

1. Экспериментальные исследования электромагнитной совместимости современных электроприводов в системе электроснабжения металлургического предприятия / Николаев А.А., Корнилов Г.П., Храмынин Т.Р., Никифоров Г., Муталлапова Ф.Ф. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т.14. №4. С. 96–105. doi:10.18503/1995-2732-2016-14-4-96-105
2. Nikolaev A.A., Gilemov I.G. and Bulanov M. V. Influence Investigation of Electric Drive Operation Mode at a Rolling Mill FC with AR on the 10kV Supply Network Voltage Quality // International Ural Conference on Electrical Power Engineering (Ural-Con), 2021, pp. 535-540, doi: 10.1109/UralCon52005.2021.9559456.
3. Nikolaev A.A., Gilemov I.G., Bulanov M.V. and Kosmatov V.I. Providing Electromagnetic Compatibility of High-Power Frequency Converters with Active Rectifiers at Internal Power Supply System of Cherepovets Steel Mill // XVIII International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives (ACED), 2021, pp. 1-8, doi: 10.1109/ACED50605.2021.9462264.
4. G. Alonso Orcajo et al., Retrofit of a Hot Rolling Mill Plant With Three-Level Active Front End Drives // IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, no. 3, pp. 2964-2974, May-June 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2808159.

5. Turnbull F.G. Selected harmonic reduction in static DC-AC inverters // IEEE Trans. Commun. Electron., vol. 83, no. 73, pp. 374-378, Jul. 1964.
6. Jing T., Maklakov A. and Radionov A. Two Selective Harmonic Control Techniques Applied in 10kV Grid with Three-Level NPC Inverter// IEEE Russian Workshop on Power Engineering and Automation of Metallurgy Industry: Research & Practice (PEAMI), Magnitogorsk, Russia, 2019, pp. 75-79, doi: 10.1109/PEAMI.2019.8915413.
7. Furukawa K. and Miyazaki H. Solution for SHE-PWM: Non-iterative computation algorithm based on trigonometric harmonic cancellation rule// 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), 2013, pp. 1-10, doi: 10.1109/EPE.2013.6631893.
8. Rai N. and Chakravorty S. A Review on the Generalized Formulations for Selective Harmonic Elimination (SHE-PWM) strategy // IEEE First International Conference on Smart Technologies for Power, Energy and Control (STPEC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/STPEC49749.2020.9297733.
9. Franquelo L.G., Javier Nápoles. A Flexible Selective Harmonic Mitigation Technique to Meet Grid Codes in Three-Level PWM Converters // IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 54, no. 6, December 2007.
10. Jing T., Maklakov A. S., Radionov A. A. and Lisovskaya T.A. Comparative Analysis of the SHEPWM and SHMPWM Techniques for the Three-Level NPC Inverter based on the THD of Voltage and Current // Russian Workshop on Power Engineering and Automation of Metallurgy Industry: Research & Practice (PEAMI), 2020, pp. 113-118, doi: 10.1109/PEAMI49900.2020.9234356.

Сведения об авторе

Николаев Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: alexniko@inbox.ru. <http://orcid.org/0000-0001-5014-4852>.

Гилемов Ильдар Галиевич – аспирант кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. <https://orcid.org/0000-0002-2481-3378>.

Буланов Михаил Викторович – аспирант кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. <https://orcid.org/0000-0001-9051-1012>.

УДК 536.5

КОСВЕННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

Сухоносова Т.Г., Васильева Е.И.

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

Аннотация. В работе рассмотрены контактные и бесконтактные методы измерения температуры жидкого металла в металлургической печи: термопары разового погружения для точного измерения температуры стали; пирометры для бесконтактного контроля температуры; многозонные термопары для непрерывного измерения температуры металла, устанавливаемые в огнеупорной кладке печи и не соприкасающиеся с расплавом. Многозонная термопара представляет собой несколько кабельных термоэлектрических преобразователей различной длины, разделённые изолирующей засыпкой и находящиеся в общем чехле. Кабельные термопары измеряют температуры в различных по толщине огнеупорной кладки точках. С помощью численного решения обратной задачи теплопроводности возможно рассчитать текущую температуру жидкой стали.

Ключевые слова: многозонная термопара, методы измерения, измерение температуры, термоэлектрический преобразователь, пирометр, косвенный метод измерения, температура жидкого металла.

Температура и состав жидкого металла в металлургических печах являются определяющими факторами качества получаемой марки стали. Автоматизация контроля температуры металла во время плавки способствует созданию быстродействующих систем автоматического регулирования, сокращению продолжительности плавки, экономии ресурсов, в связи с чем постоянно совершенствуются методы и средства измерения температуры жидких расплавов.

Рассмотрим метод измерения температуры жидкого металла в металлургической печи с помощью термопары разового погружения. Предложенный термоэлектрический преобразователь изготовлен из термопарного кабеля с минеральной изоляцией, включающего термоэлектроды и металлическую оболочку, часть которого со стороны рабочего спая помещена в защитный металлический наконечник, отличающийся тем, что рабочий спай выполнен изолированным от оболочки, а оболочка термопарного кабеля припаяна к защитному наконечнику в зоне рабочего спая. Этот преобразователь, изображённый на рис. 1, используется для контроля температуры жидких расплавов металлов.

Термоэлектрический преобразователь изготавливают следующим образом. Для изготовления защитного наконечника используют капилляр, заваренный с одной стороны. Из термопарного кабеля, включающего минеральную изоляцию 1, термоэлектроды 2 и металлическую оболочку 3,

изготавливают термопару с изолированным рабочим спаем 4. В защитный наконечник, расположенный заваренной стороной вниз, бросают кусочек припоя, например кусочек медной проволоки. В защитный наконечник 5 вставляют термопару рабочим спаем 4 вниз и разогревают припой 6 с помощью горелки. В момент плавления термопару «проталкивают» до упора, горелку выключают. Процесс занимает меньше минуты [1]. Отличительной особенностью предлагаемого термоэлектрического преобразователя является то, что рабочий спай выполнен изолированным от оболочки, а оболочка термопарного кабеля припаяна к защитному наконечнику в зоне рабочего спая. Дополнительно предлагается оболочку кабеля термопарного припаять к наконечнику в зоне рабочего спая припоем с температурой плавления выше температуры термометрируемой среды. В качестве припоя могут использоваться чистые металлы или сплавы на их основе.

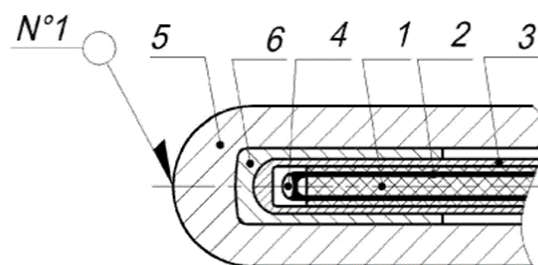


Рис. 1. Термоэлектрический преобразователь:
1 – минеральная изоляция; 2 – термоэлектроды;
3 – металлическая оболочка; 4 – рабочий спай;
5 – защитный наконечник; 6 – припой

Выполнение термопреобразователя с изолированным от оболочки рабочим спаем предотвращает обрыв термоэлектродов в зоне спаивания в момент погружения датчика в термометрируемую среду и в момент извлечения термопреобразователя из среды. Припайвание оболочки кабеля к защитному наконечнику в зоне рабочего спаивания устраняет зазор между оболочкой и внутренней поверхностью металлического наконечника, препятствующий быстрой передаче теплового потока к оболочке кабельной термопары. Причём зазор заполнен припоем на основе металлов, имеющих высокий коэффициент теплопроводности, что позволяет снизить показатель тепловой инерции, а следовательно, и время взаимодействия термопреобразователя со средой. Таким образом достигается увеличение ресурса – количества замеров, которое напрямую зависит от времени проведения замера, так как во время взаимодействия со средой происходит химическое взаимодействие, разрушающее термопреобразователь.

В последнее время в литейном производстве находят все большее применение бесконтактные пирометрические методы контроля температуры (рис. 2). Их используют для измерения температуры струи жидкого металла, например при сливе его из печи или ковша, когда применение термопары практически невозможно.

Пирометр состоит из оптического преобразователя, содержащего в своём составе первичный преобразователь и устройства для охлаждения и защиты, вторичного прибора и электронного блока для градуировки пирометра по термопаре непосредственно на объекте.

В качестве приёмников излучения в пирометрах используют германиевый или кремниевый фотодиоды, которые могут работать в двух режимах – генераторном и фотодиодном. Подбирают такой режим работы фотодиода, при котором обеспечивается сигнал, достаточный для регистрации вторичным прибором без предварительного преобразования.

Новым направлением в пирометрии является использование для передачи светового сигнала к системе измерения специальных световодов, уложенных в футеровку тигля. Такой способ температурного контроля может решить задачу автоматизации теплового режима индукционной плавки и обеспечить стабильное получение качественного металла при минимальных затратах [2]. Измерение температуры при этом не мешает технологическому циклу плавки, не требует затрат рабочего времени на установку и контроль положения пирометра.

Рассмотрим косвенный метод измерения температуры жидкого металла с помощью многозонной термопары (рис. 3), расположенной в кладке печи и не соприкасающейся с расплавленным металлом [4].

В основе этого метода лежит измерение температуры по толщине огнеупорной кладки дуговой сталеплавильной печи с помощью термодатчиков, замурованных в кладку печи. Температура активного слоя огнеупорной кладки измеряется в 3-5 равноотстоящих точках по толщине (до 80 мм) от границы раздела «жидкая сталь – огнеупорная кладка».

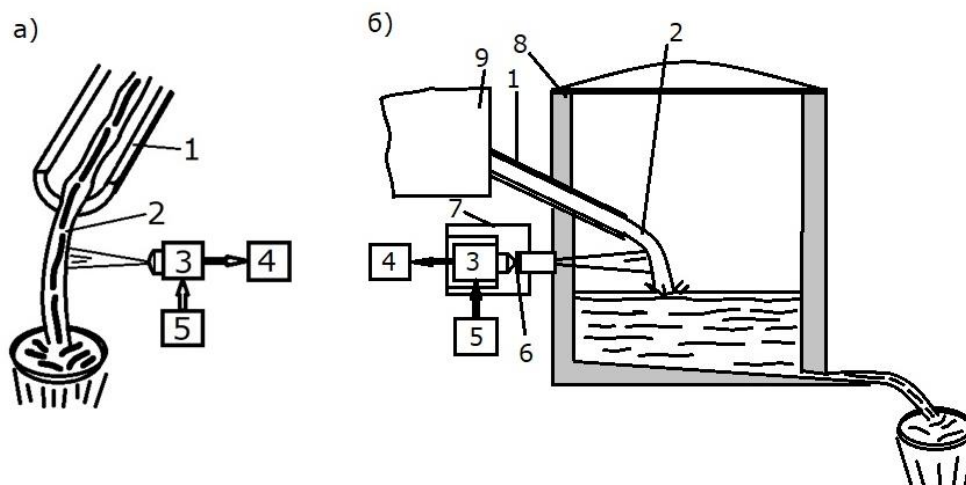


Рис. 2. Схема бесконтактного измерения температуры ваграночного чугуна: а – открытой струи; б – струи в ковшнике; 1 – желоб; 2 – струя металла; 3 – пирометр; 4 – измерительный прибор; 5 – блок питания; 6 – кварцевое защитное стекло; 7 – кожух; 8 – ковшник; 9 – вагранка

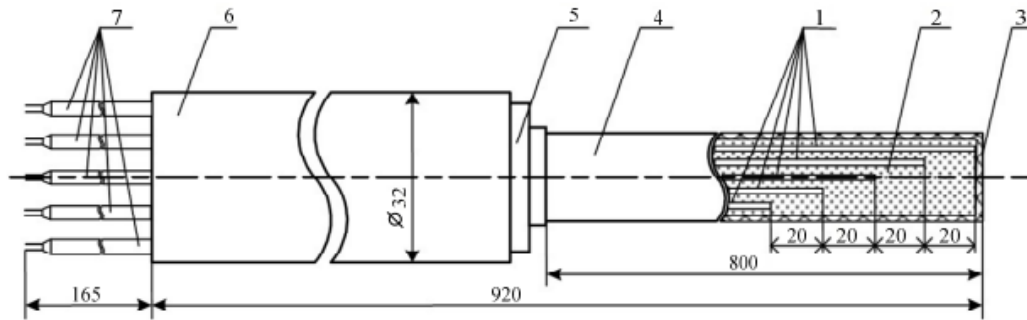


Рис. 3. Многозонная термопара:

- 1 – кабельные термопары градуировки ТХА или ТНН (нихросил-нисил); 2 – изолирующая засыпка из порошка Al_2O_3 ; 3 – крышка рабочей части; 4 – рабочая часть термопары (жароупорная сталь); 5 – сварочный шов; 6 – внешний чехол (сталь 12X18H10T); 7 – компенсационные кабели для термопар

Определение текущего изменения температуры во времени и по толщине активного слоя кладки осуществляется путём численного решения типового одномерного уравнения теплопроводности при двух пограничных условиях: на границе жидкой стали с кладкой ($x = 0$) и на границе кладки – окружающей среда ($x = S$):

$$c'(t) \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(t) \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \right], \quad (1)$$

$$0 \leq x \leq S,$$

где $t(x, \tau)$ – распределение температуры по толщине огнеупорной кладки во времени, К; τ – текущее время, с; S – толщина огнеупорной кладки, м; $c'(t)$ – удельная объемная теплоемкость материала кладки, Дж/(м³·К); $\lambda(t)$ – теплопроводность материала, Вт/(м·К); $c'(t)$ и $\lambda(t)$ – функции температуры [5].

В каждый момент времени необходимо осуществлять подбор такого значения температуры жидкой стали, при котором непрерывное распределение температуры по толщине кладки, полученное при решении прямой задачи (1) теплопроводности, совпадало бы с измеренными температурами в дискретных точках.

В результате проверки метода на опытном стенде было выяснено, что для снижения погрешности измерения температуры расположение датчиков по толщине огнеупорной кладки должно быть на одном уровне в виде многозонной термопары. С увеличением глубины закладки датчиков температуры максимальная величина погрешности возрастает практически по линейной зависимости [6].

Для более точной установки многозонной термопары в месте, удобном для обслуживания, необходимо использовать огнеупорный блок из

материала огнеупорной кладки, установленный заподлицо с поверхностью кладки. При установке блока обязательно тщательно заполняется густым раствором из материала огнеупорной кладки. Огнеупорный блок в центре имеет установочное отверстие, диаметр которого соответствует размеру рабочей части термопары.

Косвенный метод определения температуры жидкого металла с помощью многозонной термопары характеризуется достаточно высокой точностью $\pm 9^\circ\text{C}$, простотой эксплуатации, высокой надежностью и долговечностью.

Список литературы

1. Термоэлектрический преобразователь для измерения температуры методом кратковременного погружения в термометрируемую среду: пат. 66040 РФ. № 2007113881 / Каржавин А.В.; заявл. 13.04.2007; опубл. 27.08.2007. 6 с.
2. Калякулин С.Ю., Митин Э.В., Травкина Т.В. Автоматизация контроля параметров плавки // XLVI Огарёвские чтения. Изд-во: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2017. С. 150-154.
3. Информационные системы в металлургии / Н.А. Спирин и др. Екатеринбург: Изд-во УГТУ–УПИ, 2001. 617 с.
4. Непрерывный контроль температуры жидкой стали в технологических агрегатах металлургического производства / Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Бондарева А.Р., Ахметов У.Б. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2018. Т. 18, № 3. С. 33–41.
5. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей: учебник для вузов / В.А. Арутюнов и др. М.: Металлургия, 1990. 239 с.
6. Автоматизация и оптимизация управления технологическими процессами внепечной доводки стали / Е.Н. Ишметьев, С.М. Андреев, Б.Н. Парсункин и др. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2008. 311 с.

Сведения об авторах

Сухоносова Татьяна Геннадьевна – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: t.suhonosova@magtu.ru.

Васильева Елена Ивановна – студентка гр. АТСб-21, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: lenochkagirl@yandex.ru.

УДК 331.452

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНСТИТУТА НАСТАВНИЧЕСТВА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА МОЛОДЫХ РАБОТНИКОВ

Некеров Е.А., Свиридова Т.В.

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

Аннотация. В статье описаны существующие формы и модели наставничества. Проведен анализ основных моделей наставничества с указанием их достоинств и недостатков. Приведены перспективные формы наставничества. Автором предложены пути совершенствования института наставничества с целью снижения производственного травматизма молодых работников. Одной из существующих проблем при обучении взрослых людей является недостаток знаний наставников в области андрогогика. В статье предложено примерное содержание программы подготовки наставников.

Ключевые слова: наставник, наставничество, молодой работник, андрогогика, травматизм.

По статистике МОТ, во всём мире насчитывается 542 миллион молодых работников. В России их численность составляет около 7 миллионов. В настоящее время существует проблема травматизма молодых работников на производстве. Они травмируются в среднем на 20-40 % чаще, чем более опытные. В основном, молодые работники получают травмы из-за отсутствия опыта работы, недостатка знаний или отсутствия обучения безопасным методам работы, ограниченной осведомленности о связанных с работой опасностях. Также нельзя не отметить проблему текучки кадров. Ожидания молодежи от работы на предприятиях зачастую не оправдываются.

В настоящее время для обучения молодых работников безопасным приемам выполнения своих трудовых функций используются следующие основные методы:

- обучение;
- инструктажи;
- наставничество.

В условиях современного производства наиболее перспективным методом обучения молодых работников безопасным методам выполнения своих трудовых функций является наставничество.

Наставничество – система обучения и адаптации на предприятии нового сотрудника более опытными коллегами непосредственно в ходе рабочего процесса.

Выделяют три основные модели наставничества:

- Гуру и его последователи.
- Мастер и подмастерье.
- Творческий тандем.

Каждая из приведенных моделей обладает своими достоинствами и недостатками. Результаты проведенного анализа существующих моделей наставничества приведены в таблице.

Также на сегодняшний момент известны следующие перспективные формы наставничества:

- традиционная модель наставничества –

Анализ моделей наставничества

Модель наставничества	Взаимодействие	Достоинства	Недостатки
Гуру и его последователи	Ученик наблюдает и подражает за Гуру	Высокий профессионализм ученика	Обратной связи практически нет, результат может проявиться лишь через длительный период времени
Мастер и подмастерье	Мастер готов делиться со своим подмастерьем. Модель будет идеальной, если ученик отзывчивый	Команда единомышленников, отличные результаты «на выходе»	Некоторые ученики ориентируются на наставника, не развивая самостоятельные качества
Творческий тандем	Работа совместная с разделением ответственности за результат	Формируется полноценная команда с отличными результатами «на выходе»	Уход одного из представителей тандема приводит к уходу другого

это взаимодействие между более опытным специалистом и начинающим сотрудником в течение определенного периода времени;

- ситуационное наставничество – предоставление наставником необходимой помощи всякий раз, когда подопечный в ней нуждается;
- партнерское наставничество – когда оба участника программы наставничества находятся в сходном положении;
- групповое наставничество – когда в организации не имеется требуемого количества наставников, можно применять модель, в которой один наставник работает с группой из 2–6-ти подопечных одновременно;
- краткосрочное или целеполагающее наставничество – наставник и подопечный встречаются по заранее установленному графику для постановки конкретных целей, ориентированных на определенные краткосрочные результаты;
- скоростное наставничество – это однократные встречи сотрудников с наставником более высокого уровня или специалистом по развитию персонала с целью построения взаимоотношений с другими людьми;
- флеш-наставничество – сотрудники, желающие выступить в роли наставника, должны участвовать в короткой встрече с подопечными, в ходе которой наставники могут поделиться своим жизненным опытом по построению карьеры и дать некоторые рекомендации;
- саморегулируемое наставничество – состоит в том, что опытные сотрудники добровольно выдвигают себя в список наставников;
- командное наставничество – помогает в короткие сроки осуществить подготовку ближайших преемников руководителей;
- реверсивное наставничество – эта модель предполагает взаимодействие между двумя сотрудниками.

В настоящее время существует проблема подготовки, выбора и мотивации будущих наставников. На сегодняшний момент в качестве основных критериев при выборе наставника предъявляются следующие требования:

- стаж работы;
- отсутствие зарегистрированных опасных действий;
- отсутствие действующих дисциплинарных взысканий.

При этом не учитывается не только желание работника быть наставником, но и наличие у него соответствующих способностей.

Для того чтобы успешно осуществлять взаимодействие с молодым работником, а главное обучить его безопасным приемам выполнения трудовой функции, наставник должен иметь

склонность к обучению других людей и обладать рядом психологических качеств.

Важной проблемой является то, что наставник не обладает достаточными знаниями в области методов обучения взрослых людей – андрагогики.

Андрагогика – наука, охватывающая теоретические и практические аспекты обучения и развития взрослых. Инструментами андрагогики являются:

- презентации;
- семинары;
- деловые и ролевые игры;
- бизнес-тренинги;
- кейсы;
- дискуссии в малых группах;
- моделирование и выполнение проектов;
- обучение действием.

Одним из вариантов обучения взрослых людей является модель Дэвида Колба (рис. 1). Концепция этой модели является получение нового опыта или актуализация старого. Обращение к теме вызывает интерес к теме и показывает ее важность. Затем происходит осмысление накопленного опыта, важно обобщить знания и структурировать полученный опыт. Когда человек проанализировал приобретенный опыт, он изучает новый материал, для сформирования теоретического представления по новой теме. На конечном этапе происходит проверка теоретической концепции на практике. Он формирует новый опыт, затем цикл продолжается, пока обучаемый не приобретет новый навык.

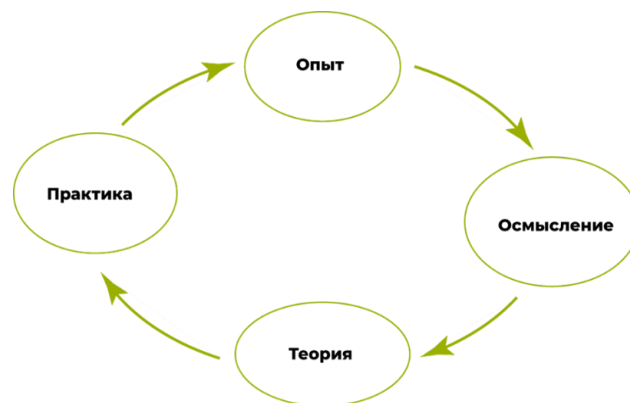


Рис. 1. Модель Дэвида Колба

Людей, склонных к наставничеству, необходимо обучать методам работы с подопечными.

Будущих наставников необходимо обучать:

- основным навыкам и методам эффективного обучения взрослых людей;
- умению донести знания так, чтобы они были максимально усвоены молодым рабочим;
- основам психологических знаний и коммуникативных навыков;

- правилам наблюдения, уменьшающим влияние фактора наблюдателя;
- умению фиксировать недочеты в работе учеников;
- правилам мотивации молодого работника;
- методам эффективной демонстрации модели поведения;
- способам поощрения работников.

Возможность стать наставником должна стать почетной, а не обязанностью. Для этого необходимо вести активные формы пропаганды института наставничества на производстве.

Решение поставленных задач или внедрение такого подхода позволит более эффективно обучать молодых работников безопасным приемам выполнения работы, а следовательно, решить проблему снижения производственного травматизма среди молодых рабочих.

Список литературы

1. Некеров Е.А., Свиридова Т.В. Развитие института наставничества с целью обеспечения безопасности

молодых работников // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 79-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. Т. 2. С. 9.

2. Наставничество как стратегия непрерывного развития [Электронный ресурс] <https://iro86.ru/images/documents/1.pdf>.
3. Ухоботов В.В., Домкина Д.О. Наставничество как способ повышения эффективности адаптации. <https://cyberleninka.ru/article/n/nastavnichestvo-kak-sposob-povysheniya-effektivnosti-adaptatsii>.
4. Романовская К.С., Самохвалова С.М. Факторы закрепления молодых специалистов на промышленных предприятиях. <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-zakrepleniya-molodyh-spetsialistov-na-promyshlennyh-predpriyatiyah>.
5. Кибанов А.Я. Основы управления персоналом: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : ИНФРА-М, 2021. 440 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. (Высшее образование: Бакалавриат). DOI 10.12737/4118. - ISBN 978-5-16-009561-5. Текст : электронный. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1184667> (дата обращения: 19.04.2022). Режим доступа: по подписке.

Сведения об авторах

Некеров Евгений Алексеевич – студент гр. ТБЖб-18, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Свиридова Татьяна Валерьевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ПЭиБЖД, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ntv_3110@mail.ru. ORCID ID [0000-0003-4949-5369](https://orcid.org/0000-0003-4949-5369).

УДК 621.43:629.331

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ И ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Глушков И.Н.¹, Лимарев А.С.², Герасименко И.В.¹, Огнев И.И.³, Сарсымбаев С.А.¹¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», Оренбург²ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск³ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург

Аннотация. В статье представлен взгляд на современную экологическую обстановку с точки зрения воздействия на нее автомобильного транспорта. Описана сущность возникновения негативного воздействия на окружающую среду со стороны двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрен вопрос массовости воздействия на экологию автомобилей и стабильного нарастания их количества в мире. Отмечены результаты влияния продуктов работы ДВС на воздух, земельные ресурсы, водоем и прочие элементы окружающей среды. Проведен анализ относящихся к теме работы исследований различных авторов в разных временных интервалах и на разных территориях. По их итогу сделаны конкретизирующие выводы в рамках рассматриваемого вопроса. Проанализирована возможность замены автотранспорта с ДВС на электромобили как потенциально более экологичный вид транспорта. Исследованы конструктивно-функциональные особенности электромобилей. Выявлены негативные моменты применения электромобилей для экологии и подготовлены соответствующие выводы, описывающие перспективы замены классического автотранспорта электромобилями.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, экологичность, земельные ресурсы, почва, электромобиль.

В сегодняшних реалиях в окружающую среду – в воздух, почву, водоемы и т.д. – попадает множество загрязняющих веществ, что вполне логично – негативно сказывается как на природных составляющих, так и на человеке. Большое внимание уделяется всегда наиболее масштабным загрязнениям и загрязнителям, как наиболее заметным по своим результатам и нередко даже видимым визуально – в первую очередь это результаты деятельности различной промышленности. Однако огромное и малообратимое влияние на экологический комплекс оказывает на первый взгляд не такая крупная проблема – функционирование автомобильного транспорта. На первый взгляд, влияние продуктов работы автомобиля не сопоставимо с промышленными объектами, но, учитывая общее колоссальное количество автомобилей на планете и его неуклонный рост, говорят о не меньшей серьезности данной проблемы.

Автомобили в классическом исполнении снабжены двигателями внутреннего сгорания (далее – ДВС) (рис. 1). Данный вариант двигателя с течением времени претерпевал различные изменения и усовершенствования. На сегодняшний день для работы ДВС может быть использовано

несколько видов топлива, но при этом общий принцип остается единым – при сгорании топлива тепловая и химическая энергия трансформируется в механическую работу [1].



Рис. 1. Общий вид ДВС

Сущность работы ДВС завязана на физическом эффекте теплового расширения газа в ходе процесса сгорания под давлением топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя при окислении их кислородом, поступающим в двигатель с воздухом. При этом, как продукты данного процесса, образуются различные вещества. Некоторые из них нетоксичны, а другие весьма токсичны. Последние являются продуктами неполного сгорания топлива или побочных реакций, протекающих при высоких температурах. Также

ряд вредных веществ содержится в топливе, при работе ДВС поступая в окружающую среду [1, 2].

Рассмотрим конкретный пример уровня загрязнения выхлопными газами. Выхлопные газы от ДВС по Оренбургской области составляют более 13% от всех загрязняющих веществ, при этом наибольшей токсичностью обладает выхлоп карбюраторных ДВС. Дизельные ДВС в большинстве своем выделяют сажу, в чистом виде не токсичную. Однако она может нести молекулы и частицы токсичных веществ на своей поверхности. А в результате применения в качестве топлива этилированного бензина отмечается загрязнение очень токсичными соединениями свинца, которые способны накапливаться в организме [3].

Говоря обобщенно, можно отметить, что в выхлопных газах содержится около двухсот различных химических соединений [2]. Среди них вещества, как безвредные для организма человека (азот, кислород, водяные пары, углекислый газ), так и токсичные соединения, в том числе канцерогены, которые повышают вероятность возникновения злокачественных новообразований [3].

В рамках экологических проблем, созданных ДВС, выполнялись разработки двигателей, работающих на растительном топливе. Для получения биодизельного топлива используют, в частности, рапсовое, подсолнечное и соевое масла. В растительном масле содержатся эфиры жирных кислот с глицерином. В процессе получения биотоплива эти эфиры разрушаются, а глицерин, выделяемый как побочный продукт, замещается более простыми спиртами – чаще метанолом (иногда этанолом). Но подобное топливо ведет к потере мощности и, как следствие, к снижению эффективности работы техники. Решая эту проблему, ученые предложили комбинировать биологические и классические ГСМ, но выхлопные газы от таких смесей могут оказывать на здоровье человека еще более негативное влияние.

Помимо отмеченных выше моментов, в современных реалиях большое внимание уделяется земельным ресурсам [4], в том числе и экологической стороне состояния почв, что также можно отнести к блоку вопросов, рассматриваемых в рамках землеустройства [5]. Соответственно рассмотрим, каково влияние топлива ДВС и продуктов их работы на почву.

Так, еще в 2008 году группой исследователей под руководством доцента кафедры микробиологии и физиологии растений Костанайского государственного педагогического института, кандидата биологических наук Л.М. Музычко было установлено, что в зонах активного движения транспорта рН почвы сдвигается в кислую сторону. Как отмечалось исследователями далее, это

оказывает существенное влияние на видовой и количественный составы микрофлоры почвы. В частности, отмечалось заметное снижение количества микроорганизмов (примерно в 1,5 раза).

Касательно воздействия на почву продуктов работы ДВС, в источнике 6 отмечается, что в крупных городах и мегаполисах из-за довольно большой концентрации на их территории транспорта, в подавляющем большинстве с ДВС, почва подвергается значительному преобразованию по причине изменения ее кислотно-щелочного баланса с явным креном к подщелачиванию, высокой загрязненностью тяжелыми металлами, нефтепродуктами и компонентами их распада [6].

Отмеченная выше ситуация говорит о том, что токсические вещества из атмосферы, попадая в почву, меняют ее химический состав, что самым негативным образом сказывается на живых организмах [7].

Также следует отметить возможность попадания самого топлива в почву как в малых масштабах при небрежном с ним обращении, так и в масштабах различных аварий. Так, входящие в состав дизельного топлива углеводороды, в почве могут биодеградировать в течение довольно длительного временного интервала – от трех недель до примерно девяти месяцев. Это объясняется тем, что скорость биодеградации зависит от количества в почве на конкретно взятой территории микроорганизмов, а также их разновидностей, поскольку некоторые из них способны разрушать углеводороды. Однако нужно иметь в виду, что при загрязнении дизельным топливом в окружающей среде выделяются тяжелые металлы, многие из которых токсичны для бактерий, что, соответственно, замедляет восстановление среды [8].

Экологичным решением проблемы может явиться применение транспорта, в качестве топлива для которого применяется электричество [9]. В качестве движущего устройства электромобиля (рис. 2) используется так называемый тяговый электродвигатель (далее – ТЭД) (рис. 3), который преобразует электрическую энергию в механическую. Принцип работы таких ТЭД основан на явлении электромагнитной индукции (возникающей при изменении магнитного потока в замкнутом контуре электродвижущая сила). От классической электромеханической машины ТЭД отличается более высокая мощность при большей компактности, несколько более высокий КПД [10].

По способу питания электромоторы подразделяют стандартно на двигатели переменного и постоянного тока, а по числу фаз – на **одно-, двух- и трехфазные** [11].



Рис. 2. Экземпляр электромобиля российского производства «Кама-1»

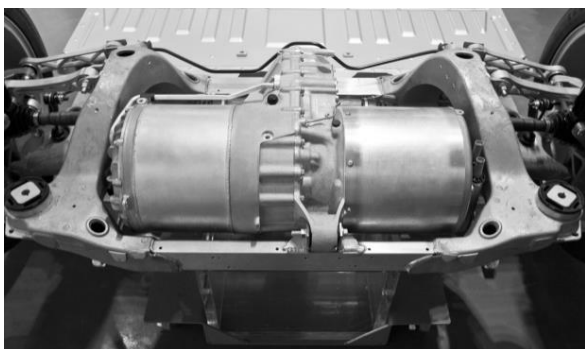


Рис. 3. Общий вид ТЭД

В электромобиле главными конструктивными составляющими являются: трансмиссия, качественный аккумулятор, специальное бортовое зарядное устройство, электронная система управления и т.д. Для того чтобы обеспечить питание главного тягового электродвигателя, в автомобиле установлена мощная тяговая аккумуляторная батарея. На электромобили устанавливаются литий-ионную батарею, которая состоит из нескольких модулей, соединенных между собой. Выдаваемый ток такой батареи составляет порядка 300 Вт постоянного тока, а ее емкость полностью соответствует мощности электродвигателя [10]. Заряжать батарею возможно и дома, и на специальных «зарядках», в случае электромобиля будет правильной сказать – на зарядных станциях (рис. 4).



Рис. 4. Зарядка электромобиля на специальной зарядной станции

Говоря об электромобилях в общем смысле, нужно сказать об их положительных качествах, большинство из которых на сегодня общеизвестны, но некоторые удостаиваются меньшего внимания. Исходя из сказанного выше по поводу особенностей ТЭД, становится понятным и следствие – высокий КПД такого двигателя логично ведет и к высокому КПД транспортного средства в целом (свыше 90%) [10]. Помимо этого, электромобиль отличается от стандартного автомобиля более компактное исполнение и, как следствие, меньший вес при схожих функциональных характеристиках. Можно отметить и несколько упрощенные особенности эксплуатации такого транспортного средства в сравнении с классическим автомобилем, но здесь нужно понимать, что этот тезис выдвигается обобщенно, не исключая возможности возникновения частных ситуаций, вызывающих трудности с электрокаром, не свойственные машинам с ДВС.

Перечислим и остальные признанные плюсы электромобиля. К ним можно отнести, в частности, меньшее количество ТО по сравнению с ДВС (по сути, долговечность), возможность достижения максимального показателя крутящего момента на любой отметке скорости, достаточность воздушного охлаждения при функционировании, способность действия в режиме генератора, отсутствие необходимости в важном для конструкции автомобиля с ДВС узла – коробки перемены передач. Завершая отмечать достоинства данной разновидности транспорта, в контексте нашей темы необходимо отметить экологичность в сравнении с машинами, использующими ДВС. Однако с нашей точки зрения здесь нужна одна оговорка – речь об экологичности воздействия на воздух, земельные ресурсы и т.д. именно при функционировании (движении) электромобиля. Косвенно влияние использования электромобилей на экологический аспект, особенно спонтанно-массовое их применение здесь и сейчас, несет в себе определенную проблему, которую подчеркнем в заключение нашей работы, как один из ключевых выводов из проведенного исследования.

Подводя итоги, еще раз отметим, что двигатели внутреннего сгорания, которыми на сегодняшний день оснащено большинство транспортных средств и спецтехники во всех секторах производства, при своем функционировании выделяют множество вредных веществ, загрязняющих сначала воздух, а далее земельные почвенные ресурсы и водоемы, что является однозначной проблемой для экологии всего мира. Соответственно, в рамках решения данного вопроса становится понятной актуальность развивающегося сейчас электротранспорта, не сопровождающего свою работу выхлопами в атмосферу. На первый взгляд, с учетом этого, а также отмеченных и проанализированных в работе достоинств электромобилей,

кажется очевидной необходимость ускорения темпов производства такой техники и ее внедрения в массовое использование.

Сегодняшние темпы развития данной отрасли выглядят, с одной стороны – с точки зрения скорости появления новых разработок и предложений по их совершенствованию – довольно высокими, с другой – не слишком быстрыми в плане массовости внедрения в деятельность человека. Последнее – на первый взгляд – видится минусом и требует корректировки в сторону наращивания. Однако, с нашей точки зрения, агрессивное повышение количества электромобилей и замещение ими классического транспорта именно здесь и сейчас, а также в ближайшей перспективе, с экологической стороны вопроса может привести, наоборот, к ухудшению ситуации. Дело в том, что при такой ситуации возникнет необходимость и серьезного наращивания производства электроэнергии для питания электромобилей. А в сегодняшних реалиях процесс ее выработки связан с весьма вредным для экологии функционированием тепловых электростанций (ТЭС). В России сегодня значительная часть электроэнергии получается именно с их помощью. Несмотря на имеющиеся им альтернативы, в ближайшие годы не предвидится возможности резкой замены ТЭС на иные источники.

При оптимальном варианте с точки зрения экологии, внедрение в массы электромобилей должно сопровождаться и массовым использованием экологических источников энергии (солнечная, ветровая энергетика и др.), однако на сегодняшний день возможности в этом аспекте недостаточно велики, а перспективы хотя и есть, но моментального решения вопроса не приходится ждать и здесь. Это не означает необходимость просто свернуть развитие производства электромобилей до более благоприятной ситуации в энергетике. Как и в любом деле, крайние решения здесь будут иметь негативные последствия для плавного развития соответствующих отраслей. Поэтому, с нашей точки зрения, на сегодняшний день следует сохранять имеющийся темп развития вопроса, готова возможность для полного перехода с ДВС на ТЭД в качестве средства, приводящего в движение технику, но только в самый благоприятный момент времени. Пока же следует только готовить все сферы человеческой деятельности для такого перехода, наращивая именно научно-исследовательскую, а не производственную активность в данном вопросе.

Список литературы

1. Анализ современных методов диагностирования технического состояния автотранспортных двигателей внутреннего сгорания / И.И. Огнев, И.Г. Огнев, С.А.

Банных, Ф.А. Брусницин, И.Н. Глушков // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры подъемно-транспортных машин и роботов УрФУ имени Первого президента Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2020. С. 47-49.

2. Анализ норм токсичности отработавших газов дизельного двигателя автотранспортных средств / Огнев И.И., Огнев И.Г., Пятаев М.В., Зырянов А.П., Глушков И.Н. // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта: сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции Уральского федерального университета имени Первого президента Б.Н. Ельцина. Екатеринбург, 2021. С. 53-56.
3. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха автомобильными выхлопами в г. Оренбурге [Электронный ресурс]. URL: <http://filling-form.ru/turizm/63503/index.html?page=25>.
4. Особенности землеустройства как механизма регулирования состояния земельных ресурсов / И.Н. Глушков, А.П. Несват, И.В. Герасименко, Е.А. Попова, Т.Г. Ратькина // Scientific discussion (Прага, Чехия). 2020. Т. 2, №42. С. 12-15.
5. Оценка динамики численности миксотрофно-синтетической микрофлоры черноземов южных при различных способах почвообработки в сухостепных агроландшафтах [Текст] / О.Н. Артамонова, И.Н. Глушков, О.А. Степанова, Т.В. Бедьч, М.С. Галиев // Аграрный научный журнал. 2020. №6. С. 8-10.
6. Оценка влияния выхлопных газов на экологическое состояние почвенного покрова урбанизированных территорий / С.С. Воронич, Н.Н. Роева, Н.Н. Гребенкин, Д.А. Зайцев, А.Г. Хлопаев, С.А. Яновский // Экология урбанизированных территорий. 2019. С. 122-126.
7. Тепловые машины и их влияние на окружающую среду [Электронный ресурс]. URL: https://cleanbin.ru/problems/heat-machines#Posledstvia_dla_ekologii
8. Как дизельное топливо влияет на экологию? [Электронный ресурс]. URL: <https://terraecology.ru/kak-dizelnoe-toplivo-vliyaet-na-ekologiyu/>
9. Перспективы и практические недостатки перехода от традиционных источников энергии к альтернативным / И.Н. Глушков, О.Н. Артамонова, А.В. Михайлов, Я.В. Виньков, А.К. Шальнов // Механика и технологии. 2019. № 3 (65). С. 97-1015.
10. Обзор возможности применения электромобилей / А.С. Лимарев, Ю.В. Сомова, И.Н. Глушков, М.Ю. Воронников // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы национальной с международным участием научно-практической конференции. Оренбург, 2021. С. 200-203.
11. Особенности шаговых двигателей и перспективы их применения / И.Н. Глушков, М.В. Михайличенко, Д.И. Ахметова, Л.В. Межуева // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы международной научно-практической конференции. Оренбург, 2019. С. 312-317.

Сведения об авторах

Глушков Иван Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Землеустройство и кадастры», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург. E-mail: i-n-g2012@yandex.ru. ORCID ID [0000-0001-5402-0689](https://orcid.org/0000-0001-5402-0689).

Лимарев Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, сертификации и сервиса автомобилей, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. ORCID ID [0000-0002-1499-4988](https://orcid.org/0000-0002-1499-4988)

Герасименко Игорь Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург. ORCID ID [0000-0001-5749-8311](https://orcid.org/0000-0001-5749-8311)

Огнев Игорь Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортных машин и роботов, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. ORCID ID [0000-0001-7673-5984](https://orcid.org/0000-0001-7673-5984)

Сарсымбаев Сергали Акнурович – магистрант, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург. ORCID ID [0000-0001-9985-9357](https://orcid.org/0000-0001-9985-9357)

УДК 658.562

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМК ПАО «ММК» С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ РАБОТНИКОВ И ИХ ВОВЛЕЧЁННОСТИ В УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Бережная Г.А., Дзюба А.В.

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

Аннотация. В статье выделена одна из главных задач на металлургическом предприятии – повышение вовлечённости в управление качеством сотрудников всех уровней. Рассмотрена самая распространённая на данный момент система по мотивации персонала – КРІ, предложен подход по её совершенствованию, основанный на внедрении балльной оценки уровня мотивации работников и их вовлечённости в управление качеством. Разработан план внедрения усовершенствованной системы в СМК ПАО «ММК». Приведён пример внедрения системы.

Ключевые слова: качество, управление, СМК, показатели вовлечённости персонала, персонал, мотивация, результативность, балльная оценка.

Система менеджмента качества является инструментом, который помогает руководству организации решать сложные и важные задачи, связанные с обеспечением качества всех организационных процессов на промышленном предприятии [1].

Требования СМК выполнить очень сложно без реализации одного из важнейших принципов менеджмента качества – вовлечённости в управление качеством работников всех уровней [2].

Но вовлечение персонала является сложной задачей, которой препятствуют:

- проблема плохой осведомлённости работников о важности системы качества на производстве;
- неточность устаревших стандартов организации;
- недостаточная степень вовлечённости персонала в управление качеством.

Поэтому одной из главных задач на промышленных предприятиях является разработка системы для повышения мотивации работников и их вовлечённости в непрерывное совершенствование СМК [3].

Рассмотрим СМК ПАО «ММК» в области управления персоналом. В ПАО «ММК» применяются два вида стимулирования персонала: материальный и нематериальный.

К материальному относится премирование по результатам работы, а к нематериальному – объявление благодарности, награждение почётной грамотой и т.д.

Материальное стимулирование в ПАО «ММК» имеет следующие недостатки:

- 1) система в большей степени направлена на стимулирование руководящих сотрудников, а не рядового персонала;
- 2) невозможно оценить и простимулировать деятельность сотрудников, занятых в обслуживающих процессах;
- 3) существующая система мотивации не позволяет повысить вовлечённость персонала в деятельность по управлению качеством.

Систем для оценки уровня мотивации персонала довольно много. Но одной из самых распространённых на данный момент является система КРІ (ключевые показатели эффективности), которая объединяет показатели оценки трудовой деятельности работников и систему назначения премии на выполнение целей и задач организации [4].

В стандартном варианте система устроена следующим образом [5, 6]: определяются показатели для работников, каждому показателю присваивается вес, определяются допустимые значения показателей, вычисляется индекс КРІ, производится оценка результативности трудовой деятельности работника (рассчитывается коэффициент результативности).

К преимуществам ключевых показателей эффективности относятся возможности: контролировать результативность трудовой деятельности, обеспечить независимость оценки работы персонала.

К недостаткам ключевых показателей эффективности относятся следующие [7]:

1) сотрудники могут начать прилагать все свои усилия на достижение ограниченного числа показателей своей работы, из-за чего может ухудшиться производственный процесс в целом;

2) в случае неправильных расчётов показателей и установки завышенных или заниженных значений возможно уменьшение мотивации работников;

3) сложно составить показатели для сотрудников, результат работы которых нельзя оценить по количественным показателям. Например, такие профессии, как механик, электрик, программист.

Для устранения имеющихся недостатков системы КРІ предлагается следующий подход: внедрение балльной системы оценки уровня мотивации работников и их вовлечённости в управление качеством.

В табл. 1 представлена балльная оценка предложений сотрудников. Специалист, выполняя свои должностные обязанности, может придумать нововведение, которое усовершенствует процесс производства продукции.

В левой части табл. 1 представлены категории, к которым может относиться нововведение, в правой – соответствующие этим категориям баллы. По каждой категории каждый сотрудник может предложить только одно нововведение в месяц. За месяц можно получить максимум 15 баллов.

При наличии нескольких утверждённых предложений в течение месяца баллы суммируются.

Таблица 1

Балльная оценка предложений работников

Критерии	Оценка, балл
Улучшение условий труда	1
Оптимизация рабочего пространства	2
Повышение качества выпускаемой продукции	5
Устранение потерь и брака	4
Экономия ресурсов	3

В табл. 2 в левой части представлена итоговая оценка в различных диапазонах, в правой – соответствующий этим диапазонам вес. При прохождении каждого этапа накопительной системы соответствующий им вес суммируется.

Таблица 2

Присвоение коэффициента каждому диапазону накопленных баллов

Итоговая оценка, балл/месяц	Вес
1-2	0,1
3-4	0,2
5-8	0,3
9-15	0,4

Устанавливается максимальный процент дополнительной премии – 10%. По итогу месяца суммарный вес умножается на десять процентов. Вознаграждение никак не связано с основной премией и является дополнительным мотивирующим фактором.

Форма по нововведениям заполняется в электронном виде и предоставляется на рассмотрение комиссии. По результатам проверки автору присвоят рейтинг в соответствии с табл. 1, если нововведение применимо на предприятии и улучшает производственный процесс.

План внедрения балльной системы оценки уровня мотивации сотрудников и их вовлечённости в управление качеством следующий:

1) провести анализ имеющихся стандартов организации по СМК. При анализе необходимо выделить все моменты, касающиеся мотивации, вовлечения персонала, материального стимулирования, оценки результативности трудовой деятельности;

2) составить индивидуальный список из пяти категорий, по которым можно предоставить на рассмотрение комиссии предложение по улучшению производственного процесса для каждой должности на предприятии - от простого рабочего до руководителя;

3) составить комиссию для оценки результатов работ;

4) внести изменения в имеющийся стандарт, относящийся к организации премирования работников;

5) распространить информацию о введении новой системы среди всех работников предприятия;

6) провести испытания новой системы в одном из подразделений предприятия с наименьшей списочной численностью сотрудников. Испытания следует проводить на протяжении трёх месяцев, чтобы детально изучить: процент всех утверждённых предложений; максимальное количество баллов, полученных работником за месяц; среднее количество баллов, полученных работником за месяц; процент работников, заинтересованных работой данной системы; средний суммарный процент дополнительной премии за три месяца;

7) по результатам испытаний необходимо сделать вывод по внедрению данной системы и, в случае необходимости, внести корректировки в названия критериев или максимальный дополнительный процент премии;

8) при положительных результатах испытаний постепенно внедрить новую систему во всех подразделениях предприятия, начиная от меньшей списочной численности работников к большей,

чтобы вовремя выявить недостатки системы с меньшими последствиями;

9) после успешного внедрения новой системы на всём предприятии необходимо на протяжении года вести статистику, чтобы в конце года подвести итоги по следующим показателям: процент работников, заинтересованных работой данной системы в течение года; средний суммарный процент дополнительной премии за год; среднее количество баллов, полученных за год; процент всех утверждённых предложений на протяжении года;

10) по итогам работы системы в течение года на основании статистических данных, сделать вывод и, в случае необходимости, внести корректировки в названия критериев или максимальный дополнительный процент премии.

Если предлагать нововведения по совершенствованию процесса производства продукции каждый месяц, то за год процент дополнительной премии составит от 12 до 120% от основной заработной платы.

Рассмотрим пример результата внедрения новой системы. Так как система является универсальной и подходит для организации любого направления деятельности, представим условное предприятие, которое производит определённый вид продукции. Если компания изготавливает материалы, компоненты или готовое изделие, значит, имеется оборудование, которое нужно обслуживать. Для примера использования системы возьмём электрика, так как он сам не производит ничего вышеперечисленного, а значит, использовать стандартную систему КРІ для оценки работы по количественным показателям не представляется возможным.

Пример – Комплекс решений по улучшению производственного процесса. Электрик обнаружил несколько проблем и предложил способы по их устранению:

1) недостаточная освещённость помещения, в котором производятся испытания образцов готовой продукции. Причина возникновения проблемы – устаревшая система освещения, не обеспечивающая достаточную освещённость для выполнения работ на лабораторном оборудовании. Возможные последствия в случае несвоевременного реагирования на проблему – производство большой партии бракованной продукции. Был предложен способ решения проблемы – заменить устаревший вид люминесцентных ламп на светодиодные лампы, которые обладают более совершенными техническими характеристиками;

2) неправильное расположение измерительных приборов в лаборатории. Причина возникновения проблемы – недостаточное количество

стеллажей для размещения измерительных приборов. Возможные последствия в случае несвоевременного реагирования на проблему – повреждение измерительных приборов, из-за чего возникнут неправильные измерения, нарушение контроля качества продукции. Был предложен способ решения проблемы – установить дополнительный стеллаж для высокоточных, дорогостоящих приборов, которым необходимы особые условия хранения.

Электрик заполняет форму в электронном виде, которую отправляет на проверку комиссии. Для каждого критерия заполняется отдельная форма по одной конкретной проблеме. После утверждения предложения по совершенствованию производственного процесса начисляются баллы, которые затем переводятся в дополнительный процент премии. Данные нововведения относятся к категориям «Улучшение условий труда», «Оптимизация рабочего пространства» и в соответствии с табл. 1 за данные предложения предусмотрено 3 балла.

Расчёт дополнительной премии:

$$(0,1 + 0,2) \cdot 10 = 3\%, \quad (1)$$

где 0,1; 0,2 – вес, соответствующий определённому диапазону суммы накопленных баллов (см. табл. 2); 10 – максимальный дополнительный процент; 3% – итоговый процент дополнительной премии, который начисляется по итогам каждого месяца.

Предположим, что зарплата электрика 50000 руб./мес., тогда вознаграждение составит

$$5000 \cdot 0,03 = 1500 \text{ руб./мес.} \quad (2)$$

Таким образом можно оценить работу электрика, механика, офисного сотрудника и других должностей, которые сами не производят продукцию, но при этом обеспечивают стабильную работу подразделений, принимающих участие в производстве продукции.

Предполагаемый результат от внедрения усовершенствованной системы КРІ:

1) повышение результативности мероприятий в области качества за счёт совершенствования системы стимулирования сотрудников;

2) возможность идентификации и последующего устранения «скрытых» проблем, дефектов, несоответствий, отклонений от нормативных документов при производстве продукции;

3) рост мотивации работников и их вовлечённости в управление качеством;

4) возможность отслеживания уровня мотивации деятельности в области качества тех специалистов, работу которых сложно оценить с помощью стандартных инструментов;

5) осознание сотрудниками своего влияния на ключевые показатели результативности предложений по повышению качества.

Список литературы

1. Гришнев А.А. Методический подход к процессу вовлечения сотрудников в деятельность предприятия и лидерству руководителя в системе менеджмента качества // Научно-практический журнал. 2017. № 2(2). С. 73-76.
2. Осипенко Н.И. Мотивация и управление персоналом как неотъемлемая часть системы менеджмента качества // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева, 2009. №1-2 (22). С. 106-109.
3. Суржиков М.А., Салтанова Т.А. Создание среды ТQM с вовлечением персонала на всех уровнях управления компанией // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020. № 4 (72). С. 165-170.
4. Полякова Т.В. Система ключевых показателей эффективности как инструмент управления // Карельский научный журнал. 2018. № 1(22). С. 158–161.
5. Клочков А. К. КРІ и мотивация персонала : полн. сб. практ. инстр. М. : Эксмо, 2010. 160 с.
6. Гуркина С.М., Черникова О.С. Использование ключевых показателей эффективности деятельности предприятий // Вестник науки и образования. 2017. №1(25). С. 45–47.
7. Стародубов И.П. Управление по результатам и использование КРІ в деятельности организации // Научные исследования. 2017. № 4(15). С. 47-49.

Сведения об авторах

Бережная Галина Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, сертификации и сервиса автомобилей, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: galina_1609@mail.ru

Дзюба Андрей Викторович – магистрант гр. ТСМм-20, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dzyuba.98@bk.ru

УДК 658.562:664.66

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ООО ПГ «РУССКИЙ ХЛЕБ», Г. МАГНИТОГОРСК

Понурко И.В., Покрамович Л.Е., Садыкова А.Р.

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

Аннотация. Деятельность пищевого предприятия, как правило, напрямую зависит от потребителей. Ориентация на потребителей и удовлетворение их потребностей рассматриваются как цель и смысл его существования. Для совершенствования системы менеджмента ООО ПГ «Русский хлеб» в процессе создания ржано-пшеничного хлеба целесообразно применение метода QFD на этапе маркетинга, что позволит предприятию значительно повысить уровень качества выпускаемой продукции, увеличить долю рынка и обеспечит стабильную деятельность и конкурентоспособность.

Ключевые слова: система менеджмента, методология QFD, Дом качества, требования потребителей, маркетинг.

Системный подход к определению потребностей или требований потребителей, который помогает предприятиям быстро понять и интегрировать эти потребности в конкретные планы производства продукции с целью их удовлетворения, реализует методология QFD (Quality Function Deployment – развертывание функции качества).

Методология QFD позволяет внимательно прислушаться к голосу клиента, а затем быстро и правильно среагировать на реальные потребности и ожидания потребителей [1]. Процесс QFD включает следующие этапы:

- определение потребительских требований;
- перевод потребительских требований в потребительские характеристики хлебобулочной продукции;
- выявление тесноты связи между потребительскими требованиями и потребительскими характеристиками;
- определение рейтинга важности в выбор целевых значений потребительских характеристик;
- установление взаимосвязей между потребительскими характеристиками;
- оценка конкурентов.

Основа QFD – построение фигурной матрицы, названной в соответствии со своей формой, «Дом качества», в рамках которой фиксируется информация о качестве продукции и принимаемых решениях. Построение «Дома качества» позволяет учесть требования потребителей и возможности предприятия для их реализации [2].

Использование метода QFD и модели качества Н. Кано позволяет наиболее эффективным способом идентифицировать ожидания потребителей,

выделить среди них ключевые требования и воплотить их в продукцию, оптимизируя технические характеристики проекта по степени удовлетворенности потребителей [3, 4].

Необходимость использования метода QFD заключается в улучшении взаимоотношений маркетинговой службы предприятия и разработчиков с целью исключения недостатков продукции, ее низкой конкурентоспособности еще на стадии проектирования [5].

Применение методологии QFD при производстве хлебобулочных изделий в качестве инструмента улучшения системы менеджмента ООО ПГ «Русский хлеб» были запланированы в более ранней работе авторов [6].

На первом этапе QFD для оценки потребительских требований был проведен опрос в виде анкетирования, где предлагалось оценить важность каждой характеристики хлеба. Объем выборки составил 50 человек.

По результатам опроса максимальное количество потребителей покупают хлеб с периодичностью один раз в два дня. При этом многие из них отдают предпочтение хлебу из смеси ржаной и пшеничной муки. В результате были выявлены требования потребителей, наиболее важными из которых являются такие характеристики хлеба, как свежесть (мягкий мякиш), приятный вкус и полезность для здоровья.

На втором этапе QFD был составлен список важнейших потребительских характеристик хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки, реализация которых позволит воплотить в жизнь пожелания потребителей.

На третьем этапе QFD выяснили, какие потребительские характеристики наиболее важны для

3. Адлер Ю.П. Сколько ни развертывай, а структурировать все равно придется // Методы менеджмента качества. 2002. №4. С.11-13.
4. Рейнюк А. С. Познавательные возможности метода Кано в маркетинговых исследованиях // Вестник молодых ученых и специалистов Самарского государственного университета. 2013. № 2. С. 82 – 85.
5. Волобжецкий В. А. Методы оценки качества услуг // РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. № 1. С. 374 – 379.
6. Понурко И.В., Покрамович Л.Е., Садыкова А.Р. Совершенствование системы менеджмента ООО ПГ «Русский хлеб», г. Магнитогорск, на этапе маркетинга // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 80-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2022. Т.2 С.35.

Сведения об авторах

Понурко Ирина Витальевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, сертификации и сервиса автомобилей, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: iponurko@mail.ru. ORCID ID 0000-0001-5154-0793.

Покрамович Людмила Евгеньевна – старший преподаватель кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

Садыкова Арина Рашитовна – магистрант гр. ТСМм-20, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова», г. Магнитогорск.

УДК 676.248:543.573

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Тарасюк Е.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П., Мулюкова А.Ф.

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

Аннотация. К прогрессивным средствам защиты от коррозии относится применение упаковочных материалов, содержащих ингибиторы коррозии. Для обеспечения надёжной защиты металлопродукции необходимо, чтобы содержание ингибитора в упаковочных материалах для антикоррозионной защиты металлопродукции было не менее 6 г/м^2 . Методом термогравиметрического и дифференциального термогравиметрического анализа (ТГ/ДТГ-анализа) было определено остаточное содержание ингибиторов в антикоррозионных бумагах и изучены процессы, протекающие в исследуемых материалах при нагревании. В образце с ингибитором УНИ отмечается наибольшее содержание ингибитора (13 г/м^2), что, возможно, обусловлено наложением процессов удаления уротропина и разложения целлюлозных волокон, так как температура максимальной скорости улетучивания компонентов ингибитора (215°C) близка к температурам начала деструкция бумаги-основы. Метод ТГ/ДТГ-анализа позволяет наиболее точно определять содержание в антикоррозионной бумаге ингибиторов, удаляющихся до 200°C .

Ключевые слова: коррозия, летучие ингибиторы коррозии, крепированная бумага с полиэтиленовым покрытием, термогравиметрический анализ, дифференциальный термогравиметрический анализ.

Человечество столкнулось с проблемой защиты от коррозии фактически с момента создания первых орудий труда из чёрных металлов. Люди пытались защитить металлы от атмосферного воздействия с помощью жира, масел, а позднее и покрытием другими металлами. Перед химиками остается актуальной задачей выяснение сущности явления коррозии и разработка мер, препятствующих или замедляющих её протекание. Коррозия металлов осуществляется в соответствии с законами природы и поэтому ее нельзя полностью устранить, а можно лишь замедлить. В зависимости от характера коррозии и условий ее протекания применяются различные методы защиты. Выбор того или иного способа определяется его эффективностью в данном конкретном случае, а также экономической целесообразностью.

Важным направлением в борьбе с негативным воздействием атмосферной коррозии является создание новых комбинированных упаковочных материалов, содержащих летучие ингибиторы коррозии. Одним из основных преимуществ ингибиторов коррозии является простота использования: поверхность металла не требует специальной подготовки, так как ингибитор мигрирует к поверхности металла и проникает в самые труднодоступные части изделия. При этом установление минимальной допустимой концентрации ин-

гибитора в антикоррозионных бумагах имеет практическое значение, поскольку определяет срок его защитного действия [1, 2].

В зависимости от условий хранения и транспортировки, а также от герметичности упаковки летучие ингибиторы обеспечивают защиту металлических изделий от коррозии на срок от нескольких месяцев до двух лет. К числу летучих относятся большая группа ингибиторов, включающая алифатические и ароматические амины, гетероциклические азотсодержащие соединения и их соли с азотистой, бензойной, угольной, хромовой кислотами и некоторые неорганические соединения. Эффективность защиты металла от атмосферной коррозии в значительной степени зависит от их содержания в упаковочных материалах [2, 3].

Целью работы являлось исследование ингибиторов в упаковочных материалах с помощью термогравиметрического и дифференциального термогравиметрического анализа (ТГ/ДТГ-анализа).

В качестве бумаги-основы для получения антикоррозионных упаковочных материалов использовали крепированную бумагу с односторонним полиэтиленовым покрытием. Для придания бумаге антикоррозионных свойств были выбраны летучие ингибиторы коррозии корпорации «Cortec» (США) марок Koring 501 и Koring 505, ингибитор УНИ (Россия). Для проведения эксперимента готовили водные растворы с ингибиторами концен-

трацией 5 мас.%. Приготовленные растворы ингибиторов наносили на бумагу и затем сушили по методике, изложенной в работе [4].

ТГ/ДТГ-анализ полученных образцов проводили на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter в соответствии с требованиями ГОСТ 29127-91 [5]. Порядок выполнения опыта был следующим:

1. Изготовить образец из исследуемого материала.
2. Поместить образец в предварительно взвешенный тигель с крышкой, который затем установить на держателе образца в приборе.
3. Определить начальную массу образца.
4. С помощью управляющего компьютера задать условия проведения испытания. Для исследования образцов используется следующая температурная программа испытания: линейный нагрев от 30 до 600°C; скорость нагрева 10 К/мин; атмосфера – аргон (20 мл/мин).

На рис. 1–3 представлены кривые ТГ/ДТГ-анализа антикоррозионных бумаг с различными ингибиторами: 1 – кривая производной по термогравиметрической кривой (ДТГ-кривая); 2 – термогравиметрическая кривая (ТГ-кривая). Анализируя полученные данные, можно заключить, что на ТГ- и ДТГ-кривых всех образцов уменьшение массы с повышением температуры протекает в несколько стадий.

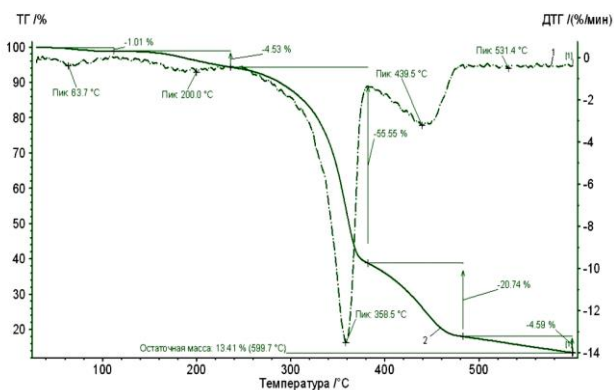


Рис. 1. Кривые ТГ/ДТГ-анализа антикоррозионных бумаг с ингибитором Koring 505

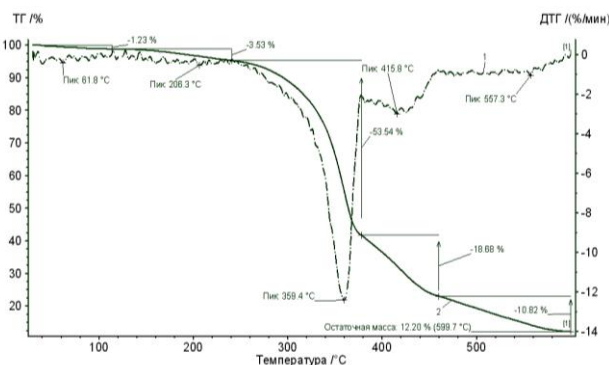


Рис. 2. Кривые ТГ/ДТГ-анализа антикоррозионных бумаг с ингибитором Koring 501

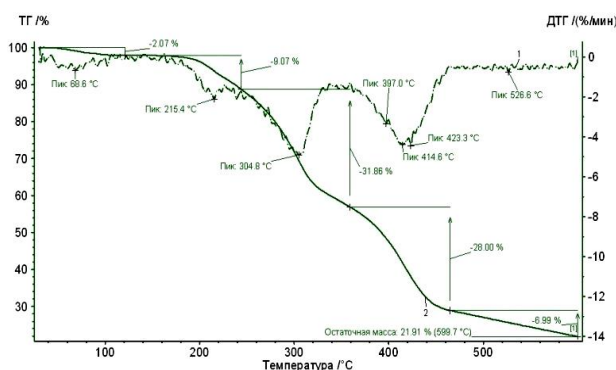


Рис. 3. Кривые ТГ/ДТГ-анализа антикоррозионных бумаг с ингибитором УНИ

На первой стадии в интервале температур от 30 до 110–130°C потеря массы связана с удалением влаги. На второй стадии в интервале температур от 110–130 до 240–250°C наблюдается улетучивание ингибиторов из состава материала. Потеря массы образцов за счёт удаления влаги и ингибитора выглядит на кривых ДТГ-анализа в виде четко разделённых пиков. На последующих стадиях наблюдается разложение бумаги-основы (целлюлозы) и полимерных компонентов.

По ТГ- и ДТГ-кривым были определены температурный диапазон удаления ингибитора и температура максимальной скорости его улетучивания и рассчитано содержание ингибитора исходя из соответствующих потерь массы образца. Полученные данные приведены в таблице.

Характеристики ингибиторов в исследуемых антикоррозионных бумагах

Образцы с ингибиторами	Содержание ингибитора, г/м ²	Начальная температура улетучивания ингибитора, °С	Температура максимальной скорости улетучивания ингибитора, °С	Конечная температура улетучивания ингибитора, °С
УНИ	13	160	215	245
Koring 501	9	130	206	240
Koring 505	10	125	200	235

В образце с ингибитором УНИ отмечается наибольшее содержание ингибитора – 13 г/м². Температура максимальной скорости его улетучивания оказалась выше по сравнению с другими образцами. Известно, что метод термогравиметрического анализа дает воспроизводимые результаты, если ингибитор удаляется полностью до достижения температуры 240 °С, так как при более высоких температурах начинается процесс разложения целлюлозных волокон [3]. Результат определения содержания ингибитора УНИ может быть завышен, потому что удаление летучей части ингибитора – уротропина – частично накладывается по температурному интервалу на процесс разложения целлюлозы. Исходя из этого, можно сделать вывод, что метод ТГ/ДТГ-анализа может применяться для определения с точностью до 2-10% содержания ингибиторов, которые удаляются до 240°С, как в случае ингибиторов марок Koring 501 и Koring 505.

Установленные по ТГ-кривым потери массы для каждой из стадий разложения исследуемых бумаг (см. рис. 1-3) приблизительно равны долям (масс.) соответствующих компонентов в составе материала, то есть в изучаемых антикоррозионных бумагах содержится примерно 1–2 мас.% воды, 4–9 мас.% ингибитора, 41–66 мас.% целлюлозы, 20–30 мас.% полиэтилена, 4–10 мас.% неорганических добавок.

Таким образом, в работе для определения содержания ингибиторов в упаковочных комбинированных материалах были рассмотрены особенности практического применения термогравиметрического и дифференциальный термогравиметрический анализа. Метод ТГ/ДТГ-анализа позволяет наиболее точно определять содержание в антикоррозионной бумаге ингибиторов, удаляющихся до 240°С.

Список литературы

1. Кабалов Е.Н., Старцев О.В., Медведев И.М. Коррозионная агрессивность приморской атмосферы. Ч.1 // Коррозия: материалы, защита. 2013. С. 1-15.
2. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. Киев: Техніка, 1981. 183 с.
3. Тарасюк Е.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П. Применение методов определения содержания летучих ингибиторов коррозии в комбинированных упаковочных материалах // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2022. Т. 78. № 1. С. 59-65.
4. Kolyada L.G., Tarasyuk E.V., Kalugina N.L. Technology of packing materials for metal products // Solid State Phenomena, 2016. 870. С. 454-459.
5. ГОСТ 29127–91 (ИСО 711–87). Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. Метод сканирования по температуре. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 7 с.

Сведения об авторах

Тарасюк Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: gepod@inbox.ru. ORCID ID 0000-0001-9296-244X.

Коляда Людмила Григорьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: kl174@mail.ru. ORCID ID 0000-0002-9021-009X.

Пonomарев Антон Павлович – старший преподаватель кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: antonpon@mail.ru. ORCID ID 0000-0003-3614-8405.

Мулюкова Анфиса Фанилевна – студентка гр. ТТПБ-19, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: anfisamulyukova@yandex.ru. ORCID ID 0000-0002-5134-831X.

УДК 664

ОБОГАЩЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ С ПОМОЩЬЮ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Зяблицева М.А., Додонова Н.А.

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

Аннотация. Рост заболеваний алиментарного характера является одной из ключевых проблем современной медицины. Несбалансированное по основным нутриентам питание становится одной из причин развития заболеваний сердечно-сосудистой и пищеварительной систем. Пищевые нанотехнологии – это инновационное направление в области создания продуктов заданного состава. Современный уровень развития техники позволяет получать дисперсные частицы 1–100 нм, контролировать их строение и состав. Особый интерес направлен на создание транспортных структур с помощью молочных белков.

Ключевые слова: пищевые продукты, нанотехнологии, биологически активные вещества, наноструктуры, молоко.

Согласно данным ВОЗ, здоровье человека на 75–80% зависит от образа жизни и правильного питания, и лишь на 10–15% от генетики и уровня медицинского обслуживания [1]. Сбалансированное питание способствует не только поддержанию здоровья, но и профилактике болезней с алиментарными факторами риска, таких как сахарный диабет, атеросклероз, гипертоническая болезнь, остеопороз, хронические заболевания органов пищеварения, некоторые злокачественные новообразования.

Рацион питания меняется со временем под воздействием многих социальных и экономических факторов. Уровень дохода населения, цены на продукты питания, рост урбанизации, культурные традиции, экологические аспекты – все это в значительной степени способствовало тому, что в настоящее время люди потребляют больше переработанных продуктов с высоким содержанием калорий, жиров, легкоусвояемых углеводов и соли.

Эксперты всемирной организации здравоохранения утверждают, что рацион современного человека должен включать обогащенные продукты питания. Пища должна быть не просто безопасной и отвечать требованиям стандартов качества, она должна быть обогащена эссенциальными веществами.

В связи с этим актуальным является разработка эффективной технологии обогащения продуктов питания биологически активными веществами. Однако витамины и антиоксиданты являются неустойчивыми соединениями. Значительное их

количество разрушается либо в процессе технологической переработки сырья, либо при прохождении через желудочно-кишечный тракт. Перспективным направлением в решении данной проблемы является применение нанотехнологий.

Нанотехнология представляет собой процесс создания, изготовления и применения структур, устройств, систем и материалов посредством ограничения размеров и формы этих материалов на атомном и молекулярном уровне. Как правило, данные структуры имеют размер менее 300 нм [5].

Перспективность использования нанотехнологий заключается в том, что небольшие размеры придают веществам физические и химические свойства, которые отличаются от свойств их аналогов, более крупных размеров.

Благодаря развитию техники в настоящее время удается не только целенаправленно получать дисперсные частицы 1–100 нм, но и контролировать их строение и состав.

Следует отметить, что многие природные биологические молекулы имеют размеры до 100 нм, в связи с чем могут быть отнесены к наночастицам. К примеру, размеры молекул протеинов составляют 1–10 нм, полисахаридов и липидов – менее нескольких нанометров [2, 5]. Таким образом, многие пищевые продукты уже содержат наночастицы природного происхождения.

С помощью высокотехнологичных методов возможна модификация наночастиц и создание самоформирующихся наноструктур с новыми функциональными свойствами (см. таблицу).

Применение нанотехнологий в пищевой промышленности [5]

Технология	Область применения
Диспергирование растительного сырья	Нанопорошки, наноэмульсии для добавления в рецептуры традиционных продуктов
Нанодисперсии: – макро- и микро-элементы; – витамины	Функциональные нанодобавки с высокой биодоступностью
Нанодобавки нутрицевтиков	Биологически активные добавки с высокой биодоступностью
Пищевые нанодобавки: – вкусовые и ароматические наноингредиенты; – антиокислители; – наноконсерванты и бактерицидные средства	Получение пищевых добавок с новыми технологическими свойствами
Наночистка	Пищевые продукты тонкой очистки
Нанопакетирование	Создание упаковки с модифицированными свойствами
Биосенсоры	Наносенсоры для идентификации микробиологического, вирусного загрязнения, наличие патогенов

Особый научный и практический интерес представляет использование молочных белков. Белки представляют собой полимеры, состоящие из соединенных пептидными связями аминокислот. В природе встречается более 100 аминокислот. В состав белков входят только 20 из них. В формировании пространственной структуры полипептидной цепи принимают участие гидрофобные, электростатические, водородные связи. В результате чего молекулы белка укладываются в структуры диаметром 4-50 нм [2, 5].

Белки молока относятся к глобулярным белкам. Одним из наиболее перспективных белков с точки зрения нанотехнологий является лактоферрин. На рисунке представлена его пространственная структура.

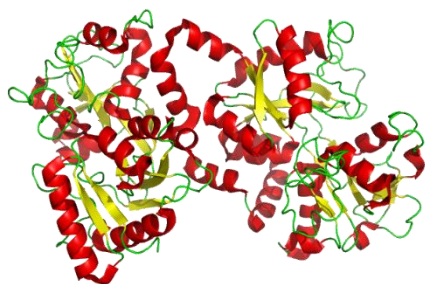


Диаграмма лактоферрина

Лактоферрин – природный гликопротеин, состоящий из одной полипептидной цепи. Длина полипептидной цепи лактоферрина составляет 680–700 аминокислот. Гомологичные половины образуют глобулярные доли, соединенные спиральным участком из аминокислот.

Лактоферрин обладает широким спектром ферментативных свойств: протеолитические, дезоксирибо- и рибонуклеазная активность, ингибирующая активность лактоферрина по отношению к SH-протеиназе и отдельным некоторым полимеразам вирусов [3]. Несмотря на широкий спектр известных свойств лактоферрина, до конца его функция в организме не ясна.

С точки зрения нанотехнологий особый интерес представляет способность белков захватывать, обволакивать и транспортировать биологически активные вещества. В этом случае белок выполняет функцию микроинкапсулы, которая переносит биологически активные вещества [3, 4].

Микрокапсуляция – это процесс, при котором частицы или капельки вещества окружены специальным защитным покрытием. Микроинкапсулирование обеспечивает не только перенос, но и контролируемое высвобождение заключенного в оболочку вещества, что повышает его эффективность и оптимизирует дозу. В пищевой промышленности микроинкапсулирование применяется для обогащения продуктов эссенциальными веществами.

Витамины, минеральные вещества, антиоксиданты являются нестойкими соединениями и под влиянием тепловой обработки частично или полностью разрушаются, что значительно снижает биологическую ценность пищевых продуктов. Заключенные в защитную оболочку данные вещества способны сохранять свою активность в готовом продукте. Так разработаны технологии производства кондитерских изделий, обогащенных витамином С, молока с наночастицами кальция, напитков с наночастицами зеленого чая.

Помимо вышеуказанных, разрабатываются наночастицы для таких биологически активных добавок, как ликопен, бета-каротин, фитостерин [2, 4]. Изучена возможность обогащения хлеба омега-3 жирными кислотами, заключенными внутри нанокапсул [5].

Кроме транспортных белков сферической формы, описано получение трубчатых белков. Так, белок молока – лактальбумин – способен образовывать трубки длиной несколько тысяч нанометров, что может найти применение в качестве транспортного средства для доставки ценных веществ в организм [1, 6].

Интерес со стороны ученых и производителей направлен также на создание технологии получе-

ния наноэмульсий. Коллоидные растворы наночастиц в жидком растворителе позволяют обогащать такие напитки, как соки и молоко, витаминами, минеральными веществами и функциональными компонентами с контролируемым высвобождением биологически активных ингредиентов [2].

Использование нанотехнологий для обогащения продуктов биологически активными веществами получило экспериментальное подтверждение. В США, КНР, Южной Корее в настоящее время уже представлены пищевые продукты с индексом «нано».

Нанотехнологии являются одним из приоритетных направлений научных инноваций в области производства продуктов питания. С помощью наноструктур становится возможным решение многих проблем в области питания. Ежегодно увеличивается уровень продаж нанопродуктов и напитков, растут инвестиции в научные исследования в области наноструктур.

При этом остается много вопросов относительно свойств и поведения наноструктур в желудочно-кишечном тракте человека. Чтобы ответить на эти вопросы, требуется проведение более масштабных и трудоемких исследований. Эти риски обусловлены повышенной растворимостью, высо-

кой химической и каталитической активностью вещества в наноформе, способностью наночастиц к проникновению через биологические барьеры, возможностью индукции иммунологических и воспалительных реакций.

Список литературы

1. Воронкова С.В., Лахгайн Б. Совершенствование политики формирования здорового образа жизни среди трудоспособного населения России // Вестник Росздравнадзора. 2018. №1. С.10-13.
2. Наступает эра пищевых нанотехнологий. URL: <https://prostonauka.com/piwevye-nanotehnologii>.
3. Никишина И.Н., Симоненко С.В. Полифункциональная наночастица – лактоферрин // Пищевая промышленность. 2010. №2. С.10-11.
4. Просеков А.Ю., Глебова С.Ю., Разумникова И.С. Молочный белок как наночастица с заданными свойствами. URL: <http://www.milkbranch.ru/publ/view/100.html>.
5. Попов К.И., Филиппов А.Н., Хуршудян С.А. Пищевые нанотехнологии // Российский химический журнал. 2009. Т. 53. № 2. С. 86-97.
6. Химическая безопасность пищи: развитие методической и нормативной базы / С.А. Хотимченко, И.В. Гмошинский, О.В. Багрянцева, Г.Н. Шатров // Вопросы питания. 2020. Т 89, № 4. С. 110-124. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10047>.

Сведения об авторах

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. ORCID ID 0000-0002-7141-4476.

Додонова Надежда Александровна – студентка гр. ТПп-19, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ndodonova01@gmail.com.

УДК 662.63

К ВОПРОСУ ВЫБОРА СВЯЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ

Муллина Э.Р., Мишурина О.А., Басков В.А., Гамиров Д.Р., Волкова Д.В., Арзамасцева В.Ю., Жамбуршина К.Б.

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

Аннотация. В данной статье проведен анализ преимуществ использования топливных брикетов из растительного сырья по сравнению с известными видами твердого топлива. Рассмотрены основные виды исходного сырья, применяемого для производства брикетов. Изучены требования, предъявляемые к веществам, используемым в качестве связующих компонентов топливных брикетов. Проанализированы соединения природного происхождения, позволяющие повысить физико-механические показатели топливных брикетов.

Ключевые слова: топливные брикеты, растительное сырье, прессование, лигнин, связующие компоненты, крахмал, целлюлоза, меласса, глина, декстрин.

Основой энергетической безопасности любой страны является наличие достаточного количества топливных ресурсов. Однако в настоящее время в качестве источников энергии используется, в основном, невозобновляемое сырье, которое в конечном итоге имеет ограниченный резерв. В связи с этим одним из наиболее приоритетных направлений развития энергетической промышленности России может стать производство энергоресурсов на основе растительного сырья, в качестве которого могут служить отходы переработки лесной промышленности и сельского хозяйства, ресурсный потенциал которых практически неограничен и имеет возобновляемый характер. Причем уже сегодня на территории России накоплено огромное количество отходов растительного происхождения, которые наносят существенный вред окружающей среде, загрязняя почву, воздушный и водный бассейны [1]. Для комплексного решения данной проблемы необходимо создание эффективных энергосберегающих технологий по переработке растительных отходов, которые позволят не только снизить экологическую нагрузку, но и повысить энергетическую безопасность нашей страны.

Производство топливных брикетов на основе использования природных отходов переработки различных отраслей промышленности может в настоящее время стать одним из наиболее перспективных направлений. За рубежом данный вид топлива активно используется еще с конца прошлого века. В России рынок производства и по-

требления топливных брикетов только начинает набирать обороты [2]. Этому способствует, в первую очередь, дешевизна и доступность исходного сырья, в качестве которого могут быть использованы древесные опилки, щепа, солома, тростник, камыш, шелуха подсолнечника, риса, пшеницы и гречихи [3].

Востребованность этого вида топлива обусловлена наличием широкого спектра преимуществ данной продукции по сравнению с известными видами твердого топлива. Топливные брикеты в сравнении с обычными дровами являются более экономичным видом топлива, так как характеризуются большим временем сгорания, в 4 раза превышающим время сгорания дров. А количество тепловой энергии, выделяемой при сгорании брикетов, в 2 раза превышает количество энергии, выделяемое при сгорании дров. Помимо этого, теплоотдача на протяжении всего процесса сгорания топливных брикетов сохраняется практически на одном уровне, тогда как у дров она интенсивно снижается по мере сгорания. Немаловажным фактором является и безопасность использования. Так, при сгорании топливных брикетов не характерно появление искр, выделение дыма и запаха, поэтому количество сажи, осаждаемое на стенках дымоходов существенно ниже, чем при использовании дров. Немаловажным преимуществом является и то, что при сжигании древесины, пораженной грибом или плесенью, выделяется токсичный дым, что исключено при использовании топливных брикетов, поскольку для их производства применяется только предварительно просушенный материал. Также после сгорания топливных брикетов

наблюдается минимальное количество золы – в среднем 1% от массы топлива. Аналогичный показатель для дров может достигать и 20%. Еще одним аргументом в пользу применения брикетов является удобство при эксплуатации. Важным плюсом брикетов являются и их компактные размеры, позволяющие рационально использовать площадь для хранения.

Процесс производства топливных брикетов включает ряд операций: измельчение, сушку, прессование, охлаждение, резку на брикеты, упаковку [2]. Причем исходное сырье влияет на их количество и последовательность, однако в основе любого процесса производства брикетов лежит прессование, в ходе которого исходный материал под давлением подвергается нагреву, в результате чего происходит выделение содержащегося в растительном сырье лигнина, что способствует формированию брикета [3, 4]. Однако далеко не все сырье, используемое для производства топливных брикетов, содержит достаточное количество лигнина для получения топлива с высокими физико-механическими характеристиками. В связи с чем в исходную сырьевую смесь добавляют иные связующие вещества [3].

При выборе связующего для брикетирования следует учитывать ряд важнейших требований:

- наличие достаточной связующей способности для придания брикетам высоких прочностных характеристик, необходимых для хранения и транспортировки брикетов;
- незначительный расход;
- хорошая спекающая способность для придания брикетам термической устойчивости при горении;
- отсутствие лабильности физико-химических свойств под воздействием климатических условий;
- способность к быстрому отвердеванию;
- экологическая безопасность как на этапе производства, так и на этапе использования брикетов;
- отсутствие влияния на содержание негорючих веществ в топливе;
- доступность;
- невысокая стоимость.

Указанные требования существенно ограничивают выбор связующих веществ [5]. В роли связующих веществ на сегодняшний день широко используют крахмал, декстрин, глину, целлюлозу, мелассу, полисахариды и др. [4].

Основным преимуществом применения крахмала в качестве связующего является экологическая безопасность производства и потребления данных топливных брикетов. Помимо этого, брикеты, полученные с использованием крахмала,

обладают достаточной прочностью в любом состоянии и сопротивлением истиранию. Достоинством использования данного связующего является также и простота технологического процесса получения брикетов. Существенным плюсом в пользу крахмала служит и отсутствие дефицита компонентов связующего. Однако высокая стоимость чистых видов крахмала приводит к существенному удорожанию готовой продукции, поскольку расход данного связующего может составлять 5-10 % от массы брикетируемого сырья [4].

Использование декстрина в качестве связующего возможно только при высокой концентрации, поскольку они не обладают достаточной пленкообразующей способностью, характерной для нативных крахмалов. Однако повышение концентрации способно существенно увеличить их клеящую способность и прочность пленок, при этом устойчивость их растворов может существенно превышать устойчивость растворов крахмала. Клей, полученный на основе раствора декстрина, характеризуется более высокими рабочими свойствами, чем крахмальный. При этом следует учитывать и то обстоятельство, что высокая растворимость декстрина в холодной воде позволяет использовать их там, где требуется частично или совершенно растворимое связующее [6].

Еще одним природным связующим веществом, используемым в производстве топливных брикетов, является глина. Пластичность этого материала является одним из основных преимуществ. Тесто, полученное после замешивания глины в воде, позволяет придать любому материалу устойчивую форму. Пластичность глины обусловлена в первую очередь ее минералогическим составом и наличием класса крупности $-0,005$ мм. Однако возможно и искусственное увеличение пластичности благодаря увеличению степени измельчения глины или добавлению растворов электролитов [7].

Применение целлюлозных волокон в качестве связующего возможно благодаря наличию природных гидрофильных веществ в виде пентозанов и других гемицеллюлоз, которые действуют цементирующим образом при сцеплении волокон. Клеящая способность данных веществ проявляется только при сильном измельчении. Однако количества связующих веществ во многих видах целлюлозы может быть недостаточно, поэтому перед формованием целесообразно использование добавок, позволяющих усилить связь между волокнами. Этот факт ограничивает использование целлюлозы в качестве связующего при производстве топливных брикетов, так же как и высокая стоимость и дефицитность [8].

Меласса, также используемая в качестве связующего при производстве топливных брикетов, обладает высокой клеящей способностью. Она является побочным продуктом свеклосахарного производства. Растворы мелассы отличаются высокой вязкостью. Однако низкая влагостойкость полученных с использованием мелассы брикетов, как в холодной, так и в горячей воде, обуславливает необходимость дополнительного введения гидрофобизатора, позволяющего не только снизить растворимость мелассы, но и пластифицировать ее.

Для получения топливных брикетов используют также и углеродсодержащие материалы растительного происхождения, содержащие смолянистые и битумные вещества, благодаря высоким вяжущим свойствам. Например, торф содержит в себе воск, смолу и битум, у которых температуры плавления соответственно 72, 70 и 84°C, в опилках хвойных пород деревьев — смоляные вещества, имеющие температуру плавления 74°C [4].

Проведенный анализ связующих компонентов, применяемых при производстве топливных брикетов, свидетельствует о целесообразности введения в исходную сырьевую смесь веществ природного происхождения, позволяющих не только существенно улучшить физико-механические характеристики готовой продукции, но и снизить экологическую нагрузку при использовании данного вида топлива.

Список литературы

1. Яблокова М.А., Пономаренко Е.А., Георгиевский Н.В. Современные технологии и оборудование для утилизации мелких нетоварных фракций нефтяного кокса (обзор) // Известия СПбГТИ(ТУ). №34. 2016. С. 67–78.
2. Технология производства топливных брикетов [Электронный ресурс]. URL: <https://siv-blog.com/tehnologiya-proizvodstva-toplivnyh-briketov/>.
3. Топливные брикеты: плюсы и минусы, разновидности, свойства, производство [Электронный ресурс]. URL: <http://met-all.org/oborudovanie/prochee/toplivnyye-brikety.html>.
4. Долгов М.С. Анализ связующих веществ для топливных брикетов // Молодой ученый. 2020. № 18 (308). С. 230-231.
5. Связующее для топливных брикетов [Электронный ресурс]. URL: <https://findpatent.ru/patent/214/2146276.html>.
6. Декстрин [Электронный ресурс]. URL: <https://himprom-s.ru/items/item/dextrin.html>.
7. Пластичность и связующая способность глин [Электронный ресурс]. URL: <http://forpsk.ru/index.php/stati/materialy/23-keramicheskie-materialy-i-izdeliya/96>.
8. Применение гидрофильных связующих веществ [Электронный ресурс]. URL: <http://pereosnastka.ru/articles/primenenie-gidrofilnykh-svyazuyushchikh-veshchestv>.

Сведения об авторах

Муллина Эльвира Ринатовна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: e.mullina@inbox.ru. ORCID ID 0000-0002-4254-3260.

Мишурина Ольга Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: olegro74@mail.ru. ORCID ID 0000-0003-3412-8902.

Басков Владислав Андреевич – студент гр. ТТПб-19, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: baskov-vvvl@mail.ru

Гамиров Данил Радикович – студент гр. ТТПб-20, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: danil.gamirov@yandex.ru

Волкова Дарья Викторовна – студентка гр. ТТПб-20, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: dashuta2003@inbox.ru

Арзамасцева Валерия Юрьевна – студентка гр. ТТПб-20, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: valeriya_kozhokar@mail.ru

Жамбурина Карина Бахитжановна – студентка гр. ТТПб-19, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: karina_tulubaeva@mail.ru

Сергеева Елена Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры ПМИИ, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: sew1108@yandex.ru

УДК 517.642.8

АЛГОРИТМЫ НАХОЖДЕНИЯ АСИМПТОТИЧЕСКИХ ФОРМУЛ СОБСТВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДИСКРЕТНЫХ ПОЛУОГРАНИЧЕННЫХ ОПЕРАТОРОВ

Кадченко С.И., Рязанова Л.С.

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

Аннотация. На основе разработанных ранее методов создан алгоритм нахождения асимптотических формул собственных чисел дискретных полуограниченных операторов, заданных на компактных множествах. Это значительно упрощает методику их нахождения и позволяет написать соответствующие программы для ЭВМ. Приведены примеры сравнения асимптотических формул, найденных по разработанной методике и известных формул, полученных ранее другими авторами, которые хорошо согласуются между собой.

Ключевые слова: асимптотические формулы, собственные числа и собственные функции линейных операторов, дискретные полуограниченные операторы.

Задачи нахождения собственных чисел линейных дифференциальных операторов построены на вычислениях собственных чисел соответствующих матриц операторов. Нахождение собственных чисел с большими порядковыми номерами приводит к значительным объемам вычислений. Задача вычисления необходимых собственных чисел линейных полуограниченных дифференциальных операторов принципиально до сих пор не имеет численного решения.

В работах [1–16] разработан метод вычисления собственных чисел дискретных полуограниченных операторов, позволяющий находить приближенные значения собственных чисел с необходимым порядковым номером, используя спектральные характеристики соответствующего невозмущенного оператора. Он уменьшает количество вычислений для получения приближенных значений собственных чисел. Позволяет вычислять собственные числа операторов независимо от того, известны ли значения собственных чисел с меньшими порядковыми номерами или нет. С помощью него решается проблема вычисления всех необходимых точек спектра дискретных полуограниченных операторов. Многочисленные расчеты показали его высокую вычислительную эффективность по сравнению с классическими методами.

Рассмотрим спектральную задачу нахождения собственных чисел следующей краевой задачи:

$$Fu = \mu u, \quad Yu|_{\Gamma} = 0, \quad (1)$$

где F – дискретный полуограниченный дифференциальный оператор, заданный в сепарабельном

гильбертовом пространстве H с областью определения $D_F \in H$; Y – граница области D_F .

Для дискретизации задачи нахождения собственных чисел спектральной задачи (1) построим последовательность $\{H_n\}_{n=1}^{\infty}$ конечномерных пространств, полных в H , и ортонормированные базисы $\{\varphi_k\}_{k=1}^n$ пространств $H_n \subseteq H$, удовлетворяющие однородным граничным условиям задачи (1).

Для этого решение краевой задачи (1) ищем в виде

$$u_n = \sum_{k=1}^n a_k(n) \varphi_k, \quad (2)$$

где $a_k(n)$ находятся из условия ортонормированности решения (2) к системе функций $\{\varphi_k\}_{k=1}^n$.

В статье [16] доказаны следующие теоремы.

Теорема 1. Метод Галеркина в применении к задаче нахождения собственных чисел спектральной задачи (1), построенный на системе функций $\{\varphi_k\}_{k=1}^{\infty}$, сходится.

Теорема 2. Приближенные собственные числа $\tilde{\mu}_n$ спектральной задачи (1) находятся по линейным формулам

$$\tilde{\mu}_n(n) = (F \varphi_n, \varphi_n) + \tilde{\delta}_n, \quad \forall n \in N, \quad (3)$$

где $\tilde{\delta}_n = \sum_{k=1}^n [\tilde{\mu}_k(n-1) - \tilde{\mu}_k(n)]$, $\tilde{\mu}_k(n)$ – n -е приближения по Галеркину к соответствующим собственным числам μ_k спектральной задачи (1).

Используя теоремы 1, 2, показано, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{\delta}_n = 0. \tag{4}$$

При вычислении собственных чисел краевой задачи (1) по формулам (3) надо построить систему координатных функций $\{\varphi_k\}_{k=1}^\infty$, которая была бы ортонормированным базисом H и удовлетворяла граничным условиям (1). Ее можно найти, если оператор F представить в виде $F = Q + P$, где Q – самосопряженный дифференциальный оператор такого же порядка, что и оператор F с областью определения D_F . В этом случае за систему координатных функций можно взять систему собственных функций $\{v_k\}_{k=1}^\infty$ спектральной задачи

$$Qv = \lambda v, \quad Yv|_\Gamma = 0. \tag{5}$$

Используя собственные числа $\{\lambda_k\}_{k=1}^\infty$ и собственные функции $\{v_k\}_{k=1}^\infty$ оператора T , (3) примет вид

$$\tilde{\mu}_n(n) = \lambda_n + (Pv_n, v_n) + \tilde{\delta}_n, \quad \forall n \in N. \tag{6}$$

С учетом (4) для очень больших порядковых номеров μ_n формулы (6) являются асимптотическими. Из них можно легко получить привычную форму записи этих формул.

Для проверки этого рассмотрим краевые задачи, порожденные дифференциальными операторами произвольного четного порядка, заданные в $L_2[0, \pi]$, вида [17]

$$(Q_m + P_m)u_m(s) = \mu_m u_m(s), \quad 0 < s < \pi, \tag{7}$$

$$u_m^{(2v-1)}(0) = u_m^{(2v-1)}(\pi), \quad v = \overline{1, m}, \tag{8}$$

где $Q_m u_m(s) = (-1)^m \frac{d^{2m} u_m(s)}{ds^{2m}}$, $P_m u_m(s) = p_m(s) u_m(s)$, $m \geq 2$.

Для построения ортонормированной системы функций, являющейся базисом пространства $L_2[0, \pi]$ и удовлетворяющей граничным условиям (8), рассмотрим вспомогательные спектральные задачи:

$$Q_m v_m(s) = \lambda_m v_m(s), \quad 0 < s < \pi, \tag{9}$$

$$v_m^{(2v-1)}(0) = v_m^{(2v-1)}(\pi), \quad v = \overline{1, m}. \tag{10}$$

В работе [17] показано, что (9) и (10) являются самосопряженными задачами и собственные чис-

ла $\{\lambda_{m_n}\}_{n=1}^\infty$ и ортонормированные собственные функции $\{v_{m_n}\}_{n=1}^\infty$ имеют вид

$$\lambda_{m_n} = n^{2m}, \quad v_{m_n} = \sigma_n \cos(ns), \quad \sigma_n = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{\pi}}, & n = 0, \\ \sqrt{\frac{2}{\pi}}, & n \geq 1. \end{cases} \tag{11}$$

В [17] доказана следующая теорема

Теорема 3. Асимптотические формулы для собственных чисел μ_m краевых задач (7), (8) имеют вид

$$\mu_{m_n} = n^{2m} + a_{m_0} + a_{m_{2n}} + O\left(\frac{1}{n^{2m-1}}\right), \quad n \rightarrow \infty, \tag{12}$$

где

$$a_{m_n} = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi p_m(s) \cos(ns) ds, \quad n = \overline{0, \infty}. \tag{13}$$

Известно, что система функций $\{\sigma_n \cos(ns)\}_{n=1}^\infty$ является ортонормированным базисом пространства $L_2[0, \pi]$. Используя (11), запишем формулы (6) для вычисления собственных чисел спектральных задач (7), (8).

$$\begin{aligned} \tilde{\mu}_{m_n}(n) &= \lambda_{m_n} + (P_m v_n, v_n) + \tilde{\delta}_n = \\ &= n^{2m} + \sigma_n^2 \int_0^\pi \cos^2(ns) p_m(s) ds + \tilde{\delta}_{m_n} = \\ &= n^{2m} + \frac{1}{\pi} \int_0^\pi [1 + \cos(2ns)] p_m(s) ds + \tilde{\delta}_{m_n}. \end{aligned}$$

Воспользовавшись обозначениями из формул (12), (13), запишем

$$\tilde{\mu}_{m_n}(n) = n^{2m} + a_{m_0} + a_{m_{2n}} + \tilde{\delta}_{m_n}, \quad \forall n \in N. \tag{14}$$

Сравнив формулы (14), по которым вычисляются собственные числа спектральных задач (7), (8) с асимптотическими формулами (12), заметим, что они отличаются только порядком погрешностей. Следовательно, формулы (6) при больших порядковых номерах собственных значений являются асимптотическими для спектральных задач (7), (8).

Список литературы

1. Вычисление первых собственных чисел краевой задачи гидродинамической устойчивости между параллельными плоскостями при малых числах Рейнольдса / Садовничий В.А., Дубровский В.В., Кадченко С.И., Кравченко В.Ф. // Доклады Академии наук. 1997. Т. 355, № 5. С. 600.
2. Кадченко С.И. Метод регуляризованных следов // Вестник Южно-Уральского государственного уни-

- верситета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2009. № 37(170). С. 4–23.
3. Кадченко С.И., Какушкин С.Н. Численные методы нахождения собственных чисел и собственных функций возмущенных самосопряженных операторов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2012. № 27(286). С. 45–57.
 4. Кадченко С.И., Кинзина И.И. Вычисление собственных значений возмущенных дискретных полуограниченных операторов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2006. Т. 46, № 7. С. 1265–1273.
 5. Кадченко С.И., Рязанова Л.С. Численный метод нахождения собственных значений дискретных полуограниченных снизу операторов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2011. № 17(234). С. 43–51.
 6. Кадченко С.И. Вычисление рядов Релея-Шредингера возмущенных самосопряженных операторов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2007. Т. 47, № 9. С. 1494–1505.
 7. Кадченко С.И., Какушкин С.Н. Алгоритм нахождения собственных функций возмущенных самосопряженных операторов методом регуляризованных следов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2012. № 40(299). С. 83–88.
 8. Кадченко С.И. Метод регуляризованных следов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2009. № 37(170). С. 4–23.
 9. Кадченко С.И. Численный метод решения обратных задач, порожденных возмущенными самосопряженными возмущенными операторами, методом регуляризованных следов // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. 2013. № 6(107). С. 23–30.
 10. Dubrovskii V.V., Kadchenko S.I., Kravchenko V.F., Sadovnichii V.A. Computation of the first eigenvalues of a discrete operator // Электромагнитные волны и электронные системы. 1998. Т. 3, №2. С. 4–7.
 11. Кадченко С.И. Численный метод решения обратных спектральных задач, порожденных возмущенными самосопряженными операторами // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2013. Т. 6., № 4. С. 15–25.
 12. Кадченко С.И., Какушкин С.Н. Вычисление значений собственных функций дискретных полуограниченных операторов методом регуляризованных следов // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. 2012. № 6(97). С. 13–21.
 13. Кадченко С.И. Алгоритм решения обратных задач, порожденных возмущенными самосопряженными операторами // Актуальные проблемы современной науки и техники и образования. Магнитогорск, 2015. Т. 3. С. 138–141.
 14. Обратная спектральная задача определения неоднородности упругого стержня / Кадченко С.И., Закирова Г.А., Рязанова Л.С., Торшина О.А. // Актуальные проблемы современной науки и техники и образования. 2018. Т. 9, № 2. С. 42–45.
 15. Kadchenko S.I., Zakirova G.A. A numerical method for inverse spectral problems // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Математическое моделирование и программирование». 2015. Т. 3. С. 116 – 126.
 16. Kadchenko S.I., Zakirova G.A. Calculation of eigenvalues of discrete semibounded differential operators // J. Comp. Eng. Math., 2017, Vol. 4, Issue 1, 38–47.
 17. Гасымов З.М. Решение обратной задачи по двум спектрам для сингулярного уравнения Штурма – Лиувилля: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.01.01. Баку, 1992. 121 с.

Сведения об авторах

Кадченко Сергей Иванович – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики и информатики, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: sikadchenko@mail.ru. ORCID ID 0000-0003-4333-1937.

Рязанова Любовь Сергеевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: ryazanovals23@mail.ru. ORCID ID 0000-0003-1310-5226.

УДК 659.44 + 334.02

РОЛЬ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В ПРОДВИЖЕНИИ ЛИЧНОГО БРЕНДА ПЕДАГОГА

Питько О.А.

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

Аннотация. В статье решается вопрос о роли социальных сетей в продвижении личного бренда педагога. Также рассматривается роль харизмы как основной черты личности, а также проводится анализ современных научных взглядов на понятие «харизматичный человек». В качестве примера приводятся классификации К.Г. Юнга и Й. Штайрера.

Ключевые слова: социальные сети, личный бренд, коммуникации, харизма, педагог.

Сегодня социальные сети (соцсети) – самый активный канал коммуникаций. По статистике более половины жителей России активно пользуются Интернетом, более 80% имеют свои профили в социальных сетях, а около 40% проверяют свои страницы каждый день. Соцсети привлекают своей общедоступностью, легкостью в потреблении контента и др. Пользователям данный ресурс необходим для удовлетворения самых разнообразных потребностей: общения, учебы, времяпровождения. При этом соцсети могут способствовать продвижению, известно, что «в современном профессиональном мире специалист должен постоянно продвигать себя, дабы оставаться востребованным» [4].

С каждым годом роль социальных сетей растет. Зачастую пользователи регистрируются там с целью общения с интересными людьми, поиска друзей, будущих партнеров или коллег, демонстрации своих умственных и творческих способностей. Это отличная площадка для развлечений и работы, причем растет не только количество людей, пользующихся данным ресурсом, но и время, которое отводится на просмотр страниц. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, желание пользователей быть всегда в курсе событий является определяющим фактором пребывания в социальных сетях. Во-вторых, потребность в общении, которое занимает достаточно продолжительный период времени. В-третьих, желание разнообразить обыденность – фактор, присущий в большей степени молодежи.

Основываясь на мнении специалистов, можно утверждать, что среди инновационных и мало затратных методов продвижения безусловным лидером является продвижение в социальных сетях, ведь буквально любой желающий может получить к ним доступ.

Социальные сети насчитывают огромное количество пользователей. Пользуясь такой популярностью, многие начинающие специалисты регистрируются на данном ресурсе с целью «познакомить аудиторию с собственной персоной». «Известен факт – чтобы повысить популярность и узнаваемость человека, необходимо использовать различные средства распространения информации о нем и сферах его деятельности: сайты, блоги, страницы в социальных сетях, СМИ и др.» [2].

При построении личного бренда педагогу следует учитывать, что предоставляемая информация о себе должна интересовать, прежде всего, тех людей, на кого она рассчитана – слушателей, студентов, учеников и коллег. Что и определяет выбор того или иного интернет-ресурса для продвижения. Например, зная профиль аудитории социальной сети, можно достичь больших успехов и быстрее продвигнуться именно здесь.

Какие функции выполняет личный бренд педагога?

Помогает повысить авторитетность в глазах аудитории (ученики, родители, коллеги, руководство и т.д.). И чем лучше сформирован личный бренд педагога, тем больше людей прислушивается и уважают его.

Способствует продвижению педагогического опыта. Известность помогает опередить конкурентов, отстроиться от них — репетитор быстрее находит учеников, методист лучше продает свои наработки, спикер быстрее находит площадки для выступлений, лучше продает свои вебинары. К тому же люди не просто лучше идут к известному педагогу, они уже примерно понимают, что получат, и с большей готовностью вкладываются в обучение.

Помощь в поиске единомышленников. Широкий охват помогает организовывать не только местные, но и международные проекты.

Способствует повышению самооценки. Когда педагог понимает, что его умения и советы нужны другим, он радуется от признания и популярности. Чем уверенней в себе педагог, тем больше у него сил заниматься любимым делом дальше, тем больше он защищен от профессионального выгорания.

За сильным личным брендом всегда находится личность с ее уникальными характеристиками. Помимо других уникальных черт зачастую основу личного бренда составляет харизма. Тем актуальнее становится вопрос об изучении содержания этого понятия.

На сегодняшний день существует множество подходов к определению понятия харизмы. Так, М. Вебер определяет харизму как атрибут, качество, которое отличает одного человека от других. Для того чтобы быть харизматиком, важно не только действительное обладание данным качеством, но и признание окружающими этого качества за человеком. Вебер рассматривает харизму как великую революционную силу, существующую в традиционном типе обществ и способную внести изменения в лишённую динамики структуру этих обществ.

Карпов А.В. определяет харизму как влияние, основанное на свойствах личности руководителя или его способности привлекать сторонников. Ньюстром Д.В. даёт похожее определение и описывает харизму как одну из характеристик лидера, одаренного способностями вдохновлять работников к действиям.

Юрчук В.В. описывает харизму как наделение субъекта особыми качествами, культивирование его образной модели, поклонение ему и вера в его феноменологические способности. Харизматическим лидерам также приписываются чаще всего иллюзорные черты характера, успех у своих поклонников, необыкновенная мудрость, преданность, рациональность во взглядах на жизнь и отношениях между субъектами.

Шнейдер Л.Б. подчеркивает, что стоит отличать харизму от идентичности личности. Опираясь на мнение М. Вебера, автор приходит к выводу, что харизматичный человек – это тот, кто может убедить других в том, что он обладает харизмой. Человек, обладающий идентичностью, – это тот, кто действительно обладает определёнными качествами и свойствами, которые создают уникальность человека, осознаются им как свои и помогают ему включаться в социальные связи, профессиональные ситуации и взаимодействия.

Таким образом, можно отметить, что под харизмой большинство авторов подразумевают врожденное или приобретённое качество или совокупность качеств личности, с помощью которых он может занять позицию лидера и влиять на других

людей. Большая часть авторов сегодня придерживаются мнения, что харизма и идентичность взаимно дополняют друг друга, а не являются противоположными. То есть качества, которые имеет харизматическая личность, не просто предписываются ему, а действительно существуют.

Определяя понятие «харизматическая личность», мы неизбежно сталкиваемся с тем, что не существует единого определения и описания ее структуры. Но можно перечислить некоторые качества харизматической личности, проявляющиеся в ее поведении. Так, Джелилова С.И. выявляет характерные для харизматичной личности черты, как имидж, согласие, объединение и эмоции.

Дмитриева Н.В. выделяет такие базовые качества харизматичной личности, как:

- уверенность в себе;
- обладание особой энергией и обаянием;
- хорошие ораторские навыки;
- коммуникативные навыки и способность строить прочные межличностные отношения;
- активная жизненная позиция;
- способность мотивировать себя и других.

Уинтер Д. выделяет четыре формы проявления харизмы, которые присутствуют в структуре личности:

– мотивационный элемент проявляется как направленность личности, эффективность того или иного выбора, постановка целей и задач. Она также проявляется в способности мотивировать не только себя, но и других, умении ставить цели и достигать их;

– поведенческая форма представлена саморегуляцией, осознанием перед действием и личным контролем. Она также проявляется в поведении, отличном от социальных стереотипов, способности принимать самостоятельные решения и способности идти на риск. Этот компонент характеризуется активностью, критичностью, открытостью перед рисками и жизненной энергией;

– когнитивный компонент представлен личными знаниями, навыками и убеждениями, включая такие черты, как концентрация внимания на ключевых моментах, способность мыслить творчески и нестандартно, а также умение находить решения проблем при отсутствии информации;

– аффективный компонент включает в себя личностные ориентации, связанные со всеми аспектами жизни. Этот компонент также имеет эмоциональные элементы, которые проявляются как воодушевление, позитивный взгляд на жизнь, очарование и эмпатия.

На сегодняшний день выделяют несколько классификаций харизмы. Рассмотрим классификацию О. Кабейн. Так, автор выделяет следующие виды:

– харизма авторитета проявляется в способности убеждать и влиять на мнение окружающих людей. Люди, обладающие этим видом харизмы, обладают способностью внушать доверие людям и заставляют следовать за собой;

– харизма визионера включает в себя способность вдохновлять окружающих и давать им мотивацию собственным примером;

– харизма доброты направлена на окружающих людей и даёт им чувство безопасности и защиты. Харизма доброты помогает человеку заботиться об окружающих и давать им чувство собственной значимости;

– харизма фокуса даёт собеседнику ощущение, что на нем сфокусировано внимание. Благодаря харизме фокуса, человек может казаться заинтересованным, хорошим и искренним слушателем.

В соответствии с этой классификацией личность может обладать как одним видом харизмы, так и комбинацией из нескольких видов.

Другая популярная классификация харизмы построена на взглядах Юнга К.Г. об архетипах. Ее автор Штайрер Й. выделил следующие виды харизмы:

– «Отец». В основе находится прообраз Создателя, родителя и правителя, проявляющего мудрость и силу. Качествами лидера – «отца» являются забота, участие, доминирование, решительность, способность организовывать и контролировать. Поэтому чувства благодарности, любви и доверия, но также ненависти, страха и обиды являются характеристиками отношений с данным типом.

— «Герой». Характеристики человека с харизмой «героя»: уникальность и независимость, уверенность в себе и верность, лидерство и твердость. Он никому не подчиняется, осуществляет социальную мечту о власти и свободе, самодостаточен, силен, способен и смел.

– «Спаситель». Его влияние основано на том, что массы добровольно поддаются обаянию его «лучезарной личности», которая далека от обычных людей и не может быть измерена принятыми стандартами. Черты личности с таким обаянием: вдохновение, уверенность в себе, влияние и расчет на эффект.

– «Царь». В этой архетипической форме, символом которой является подсознательная мудрость, образ воплощает в себе некое величественное превосходство, правдивость, уникальность и независимость.

Зинев С. Н. предложил типологию лидеров, опираясь на ту среду, где лидерство реализуется:

– харизматик-мессия. Такая личность обладает врожденной харизмой и направляет всю обще-

ственную систему. Проявляется такой тип чаще всего в кризисные и переломные моменты, в религиозной сфере;

– харизматик-милитарист. Такая личность направлена на разрушение и перемены в общественной системе, часто в деструктивных формах. Чаще всего такие личности встречаются в военной сфере;

– харизматик-популист. Такая личность находится в зависимости от внешних обстоятельств и может изменить свою харизму также из-за какого-либо давления извне. Харизма данной личности может считаться искусственной;

– харизматик-интеллигент. Данный тип может изменяться не только из-за внешних обстоятельств, но и внутреннего состояния личности, он является наименее влиятельным и обладает неестественной харизмой. Этот тип чаще встречается в гуманитарной области, отдаленной от правительства;

– харизматик-маргинал. Такой тип активизируется в переломные периоды, он может как полностью разрушить всю общественную систему, так и создать новую и развивающуюся.

Подводя итог, можно отметить, что под харизмой большая часть авторов понимают врожденные или приобретенные качества личности, влияющие на окружающее его общество и дающие ему главенствующую позицию. Харизматическая личность является многомерной и изменчивой, но чаще всего включает в себя такие качества, как уверенность в себе, самостоятельность, решительность, обаяние, развиты коммуникативные навыки и способность к мотивированию себя и других. Харизма может проявляться в основных четырех формах: мотивационная, поведенческая, когнитивная и аффективная. И в педагогической деятельности можно заметить ее реализацию в различных проявлениях.

В современном обществе личный бренд стал играть значимую роль и интерес к нему вырос. Личный бренд – это основа профессиональной стабильности в мире быстрых перемен, это «практический инструмент, позволяющий вести планомерную работу в профессиональном и личностном плане» [3]. И социальные сети помогут педагогу не только продвинуть свои услуги на старте его карьеры, но и на протяжении всего профессионального пути.

На самом деле, продвижение специалиста (педагога) в сети Интернет будет актуально еще долгое время. В таких условиях это не просто путь к успеху, но предпосылка и условие выживания, особенно в современных реалиях.

Список литературы

1. Дмитриева Н. В., Буравцова Н. В. Психологические концепции харизматической личности // МНКО. 2013. №4 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologicheskie-kontseptsii-harizmaticheskoy-lichnosti> (дата обращения: 15.05.2022).
2. Питько О.А. Аспекты создания и продвижения персонального бренда современного политика // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11-6. С. 1163-1165.
3. Питько О.А. Персональный брендинг как инструмент саморекламы в контексте продвижения специалиста в профессиональной среде // Инновационный Вестник Регион. 2013. № 4.2. С. 23-27.
4. Питько О.А. Самореклама в построении успешной карьеры // Инновационное развитие современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции / отв. ред. Сукиасян А.А. Уфа, 2015. С. 120-122.
5. Татарина Т.М. Портрет компетентного (идеального) преподавателя: точка зрения студентов и преподавателей (на материале языковой кафедры неязыкового вуза) // СНВ. 2020. №2 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/portret-kompetentnogo-idealnogo-prepodavatelya-tochka-zreniya-studentov-i-prepodavatelye-na-materiale-yazykovoy-kafedry> (дата обращения: 15.05.2022).

Сведения об авторах

Питько Ольга Александровна – кандидат философских наук, доцент, 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 ID 0000-0001-6063-8514.

УДК 372.851; 372.854; 501

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА РАСТВОРЫ, СМЕСИ И СПЛАВЫ МЕТОДОМ ПЛОЩАДЕЙ

Великих А.С.¹, Гирева Х.Я.², Родчиков А.А.³

¹Проектная школа, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск

²ФГКОУ «Санкт-Петербургский кадетский корпус Следственного комитета Российской Федерации», Санкт-Петербург

³ГБОУ «Школа № 1747», Москва

Аннотация. В статье приводится классификация расчетных задач с химико-математическим содержанием. Среди перечисленных методов решения задач на растворы, смеси и сплавы подробно раскрыт метод площадей (графический), который является результатом интеграции трех областей знания: химии, алгебры и геометрии.

Ключевые слова: растворы, смеси, сплавы, расчетные задачи, метод площадей, интеграция, межпредметные связи, hard skills, soft skills.

Президент Российской Федерации Владимир Путин на сессии Всемирного фестиваля молодежи и студентов отмечал, что наряду с технологиями образование становится другим: конкурентные преимущества получают те люди, которые помимо определенного набора знаний обладают еще и soft skills. Для них не должно существовать непроходимого рва между soft skills и hard skills. Что такое hard skills и soft skills?

Hard skills (твердые навыки) – это то, что является обязательным результатом обучения в различных учебных заведениях. Это навыки, которые прочно закладываются и остаются «на всю жизнь». Для их освоения нужны учебники и инструкции. Немаловажную роль для их освоения играет и уровень интеллекта. Наличие и качество hard skills проверяют с помощью экзаменов.

Soft skills (мягкие навыки) – это навыки, которые не входят в перечень обязательных результатов обучения в учебных заведениях, наличие их нельзя подтвердить дипломом. Мягкие навыки нельзя освоить с помощью каких-либо пошаговых инструкций, а только лишь на личном опыте, методом проб и ошибок. Немаловажную роль для их освоения играет и эмоциональный уровень интеллекта. Наличие и качество soft skills доказать очень трудно, они не имеют сертификации.

Способность человека к саморазвитию и самосовершенствованию определяется уровнем владения им метазнаниями. Метазнания – это знания о структурах и способах получения знаний. Они надпредметны и интегративны. Именно метазнания превращают человека из знающего в думающего.

Примером такой интеграции служит связь химии и математики. Химия не может существовать без математики, которая предоставляет инструменты для ее развития. Решая задачи с химическим содержанием, учащиеся через условия задачи знакомятся с природными явлениями, веществами, телами, расширяя свой кругозор. Интеграция математики и химии позволяет сформировать такие полипредметные компетенции, как вычислительную, алгоритмическую, логическую, графическую и проектировочную.

Одним из путей формирования soft skills в образовании является использование нестандартных способов решения расчетных задач. Это способствует развитию гибкости мышления, развивает его креативность.

В старших классах школьники нередко сталкиваются с необходимостью решать расчетные задачи с химико-математическим содержанием: задачи на растворы, смеси, сплавы. Такие задачи химики называют математическими, а математики – химическими. Трудности при их решении возникают, как правило, на этапе построения математической модели задачи, требующем переосмысления условия задачи с точки зрения математики.

Все задачи на растворы, смеси и сплавы можно разделить на 9 типов:

- смешивание вещества и растворителя (сплавление разных металлов);
- смешивание нескольких растворов (сплавление нескольких сплавов);
- смешивание вещества (металла) и раствора (сплава);
- смешивание воды (металла) и раствора (сплава);
- выпаривание воды из раствора (удаление примесей из сплава);

- смешивание вещества и воды (разных металлов) с раствором (сплавом);
- смешивание раствора и вещества в виде кристаллогидрата;
- выделение из раствора безводного осадка;
- выделение из раствора осадка в виде кристаллогидрата.

Среди методов решения таких задач есть метод, который является результатом интеграции трех областей знаний: химии, алгебры и геометрии. Речь идет о графическом методе.

При решении задач таким методом вводят прямоугольную декартову систему координат. Если теперь на оси абсцисс отложить массу раствора m_p , а на оси ординат его концентрацию ω_0 , то прямые $x = m_p$ и $y = \omega_0$ вместе с осями координат отсекут прямоугольник, площадь которого равна $m_{\text{вещества}} = \omega_0 \cdot m_p$. Полученный прямоугольник является графической моделью смешивания химических веществ (рис. 1).

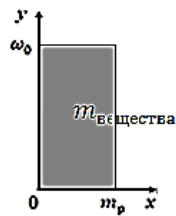


Рис. 1. Графическая модель массы вещества

При решении задач на смешивание массы исходных растворов откладывают последовательно: массу первого раствора отсчитывают от начала координат, а массу каждого следующего – от массы предыдущего.

При смешивании двух растворов получают такой рисунок (рис. 2).

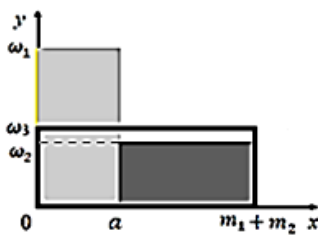


Рис. 2. Графическая модель смешивания двух растворов

Серый прямоугольник – это первый раствор, черный – второй раствор, а прямоугольник с черным контуром – это новый раствор. Количество концентрата в растворе при смешивании не изменяется, а потому площадь последнего прямоугольника равна сумме площадей первых двух. На основании их равноставленности заключаем, что площадь белой, не закрашенной части черного прямоугольника S_6 , равна площади части серо-

го, внешней относительно черного $S_{тс}$: $S_6 = S_ч$. Учитывая, что $S_6 = m_2 \cdot (\omega_3 - \omega_2)$, $S_ч = m_1 \cdot (\omega_1 - \omega_3)$, получим необходимое для решения задачи уравнение.

При решении задач на высушивание масса вещества уменьшается, а потому массу выпаренной воды следует откладывать влева от массы высушиваемого вещества в виде отрезка оси абсцисс. Получают такой рисунок (рис. 3).

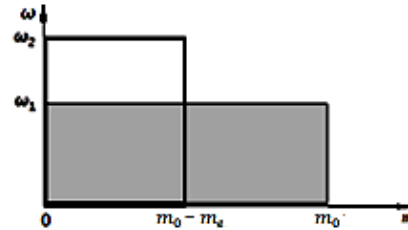


Рис. 3. Графическая модель высушивания вещества

Темный прямоугольник – это высушиваемое вещество, черный отрезок оси абсцисс – испарившаяся вода, а прямоугольник с черным контуром – это высушенное вещество. Количество концентрата в растворе при высушивании также не изменяется, а потому площадь последнего прямоугольника равна сумме площадей первых двух. И вновь на основании их равноставленности заключаем, что площадь последнего прямоугольника равна площади темного, а потому площадь белой, не закрашенной части прямоугольника с черным контуром S_6 , равна площади части серого, внешней относительно прямоугольника с черным контуром S_m : $S_6 = S_m$. Осталось вычислить S_6 и S_m : $S_6 = (m_0 - m_в) \cdot (\omega_2 - \omega_1)$, $S_m = m_в \cdot \omega_1$.

Решим нескольких задач разных типов методом площадей.

Задача 1 (смешивание вещества и растворителя). Смешали 20 г ляписа и 180 г воды. Найдите массовую долю нитрата серебра.

Построим графическую модель задачи (рис. 4). На ней серый прямоугольник изображает исходный раствор, темный отрезок оси абсцисс между точками 20 и 200 – воду с нулевой концентрацией соли, а прямоугольник с черным контуром – полученный раствор.

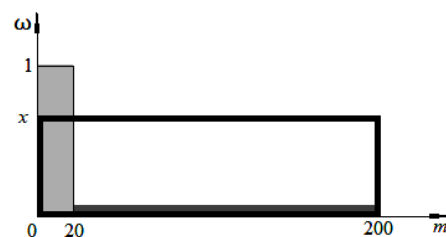


Рис. 4. Графическая модель задачи 1

Площади белой части прямоугольника с черным контуром и части серого прямоугольника, внешней

относительно прямоугольника с черным контуром, равны. Запишем уравнение: $180x = 20(1 - x)$. Решив его, получим $x = 0,1$.

Ответ: 0,1.

Задача 2 (смешивание двух растворов). Вычислите массовую долю поваренной соли в растворе, полученном при смешивании 120 г 7%-го раствора и 30 г 35%-го раствора этой соли.

Построим графическую модель задачи (рис. 5).

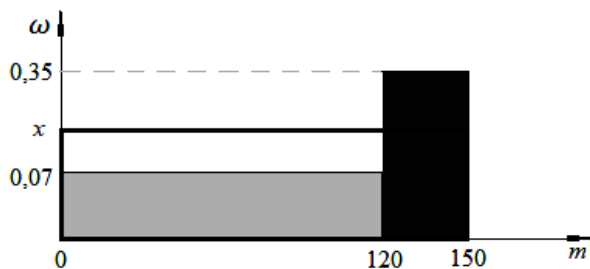


Рис. 5. Графическая модель задачи 2

Серый прямоугольник – это раствор с концентрацией 0,07, черный прямоугольник – раствор с концентрацией 0,35, а прямоугольник с черным контуром – это полученный в результате их смешивания раствор.

Суммарная площадь светло-серого и темно-серого прямоугольников и площади прямоугольника с черным контуром равны, а потому площади белой части прямоугольника с черным контуром и части темно-серого прямоугольника, внешней относительно прямоугольника с черным контуром, равны. Запишем уравнение: $120(x - 0,07) = 30(0,35 - x)$. Решив его, получим $x = 0,126$.

Ответ: 0,126.

Задача 3 (выпаривание воды из раствора). Вычислите массу воды, которую нужно выпарить из 100 г 6%-го раствора индийской селитры, чтобы получить раствор с массовой долей соли 30%.

Построим графическую модель задачи (рис. 6), предварительно напомнив, что при выпаривании масса вещества уменьшается, а потому массу выпаренной воды отложим слева от массы первого раствора.

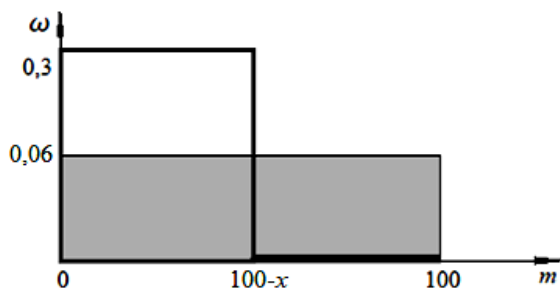


Рис. 6. Графическая модель задачи 3

На рисунке светло-серый прямоугольник – это раствор с концентрацией 0,06, темно-серый отрезок

оси абсцисс между точками 100 и $100 - x$ – это раствор выпаренной воды, прямоугольник с черным контуром – полученный в результате выпаривания раствор.

Площади белой части прямоугольника с черным контуром и части серого прямоугольника, внешней относительно прямоугольника с черным контуром, равны. Запишем уравнение: $0,06x = (0,3 - 0,06)(100 - x)$. Решив его, получим $x = 80$.

Ответ: 80.

Задача 4. Имеется некоторое количество раствора соли в воде. После испарения из раствора 1 литра воды концентрация соли возросла на 0,05, а после разведения получившегося раствора 39 литрами воды концентрация соли стала в 3 раза меньше первоначальной. Найдите концентрацию соли в исходном растворе, считая массу 1 литра воды равной 1 килограмму.

Сначала построим графическую модель процесса выпаривания (рис. 7).

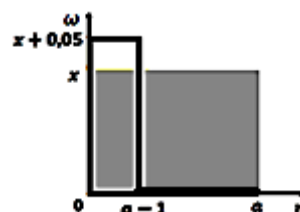


Рис. 7. Графическая модель процесса выпаривания

Здесь серый прямоугольник – это исходный раствор, отрезок оси абсцисс между точками a и $(a - 1)$ – вода с нулевой концентрацией соли, прямоугольник с черным контуром – полученный в результате выпаривания раствор.

Площади белой части прямоугольника с черным контуром и части серого прямоугольника, внешней относительно прямоугольника с черным контуром, равны. Запишем уравнение $0,05(a - 1) = x$.

Построим теперь графическую модель процесса разбавления водой (рис. 8).

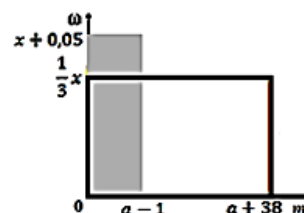


Рис. 8. Графическая модель разбавления водой

Повторяя рассуждения, получим уравнение:

$$\left(\frac{2}{3}x + 0,05\right)(a - 1) = 13x.$$

Наконец, решив систему уравнений:

$$\begin{cases} 0,05(a-1) = x, \\ \left(\frac{2}{3}x + 0,05\right)(a-1) = 13x, \end{cases}$$

находим $x = 0,9$.

Ответ: 0,9.

Мы показали, как применение метода площадей (метода решения геометрических задач) позволяет визуализировать химические процессы смешивания и высушивания различных растворов, облегчая тем самым реализацию алгебраической составляющей при решении различных типов задач на растворы, смеси и сплавы.

Таким образом, установление метапредметных связей позволяет расширить область практического применения приобретенных ранее знаний, формируя таким образом soft skills.

Список литературы

1. Великих А.С., Гиревая Х.Я., Родчиков А.А. Задачи на растворы, смеси, сплавы как одно из средств реализации межпредметных связей математики и химии // Психология и педагогика в контексте междисциплинарных исследований : сборник ста-

тей Международной научно-практической конференции, Киров, 15 сентября 2021 года. Уфа: ООО «Аэтерна», 2021. С. 17-27.

2. Великих А.С., Гиревая Х.Я. Межпредметные связи математики и химии как необходимое условие комплексного подхода в обучении и воспитании школьников // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 76-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 16–20 апреля 2018 года. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. Т. 2. С. 111.
3. Великих А.С., Романов П.Ю., Романова Т.Е. Технологические аспекты реализации компетентностного подхода методом проектов // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. С. 221.
4. Великих А.С., Гиревая Х.Я., Родчиков А.А. Метапредметность на уроках математики и химии – одно из условий интегративного подхода в обучении // Современные условия интеграционных процессов в науке и образовании : сборник статей Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 20 ноября 2021 года. Уфа: ООО «Аэтерна», 2021. С. 84-91.
5. Чупрынина И.В. Развитие Soft skills, как тренд современного образования // Научно-популярный журнал «Вестник РЦДОД». 2021. № 1, 2. Ижевск, 2021. С. 5-12.

Сведения об авторах

Великих Альфия Салиховна – кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Проектная школа, г. Магнитогорск. E-mail: velikikhas@mail.ru

Гиревая Ханифа Яншаевна – кандидат технических наук, доцент, ФГКОУ «Санкт-Петербургский кадетский корпус Следственного комитета Российской Федерации», г. Санкт-Петербург.

Родчиков Александр Александрович – кандидат энциклопедических наук (PhD), учитель, ГБОУ «Школа № 1747», г. Москва.