

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический  
университет им. Г.И. Носова»

## **МОЛОДЁЖЬ. НАУКА. БУДУЩЕЕ**

Выпуск 18

Сборник научных трудов студентов

Под редакцией М.Ф. Тулубаевой

Магнитогорск  
2018

## Редакционная коллегия:

Директор молодежного научного центра М.Ф. Тулубаева (главный редактор), канд. техн. наук М.В.Шубина (отв. редактор по институту естествознания и стандартизации), канд. техн. наук Н.А. Осинцев (отв. редактор по институту горного дела и транспорта), канд. ист. наук Н.Н. Макарова (отв. редактор по институту гуманитарного образования), канд. техн. наук С.М. Андреев (отв. редактор по институту строительства, архитектуры и искусства), канд. техн. наук К.Г. Пивоварова (отв. редактор по институту металлургии, машиностроения и материалообработки)

**Молодёжь. Наука. Будущее. Вып.18:** сб. науч. тр. студентов / под ред. М.Ф. Тулубаевой. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 117 с.

В сборнике представлены статьи студентов, выполненные под руководством ведущих специалистов и преподавателей ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

© Магнитогорский государственный  
технический университет  
им. Г.И. Носова, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Антошкина К.А. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАЛИБРОВАННОЙ СТАЛИ .....	8
Бирюков Д.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ НА ШИРОКОПОЛОСНОМ СТАНЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС ТОЛЩИНОЙ МЕНЕЕ 2,5 мм.....	11
Волкова Д.А. МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МОМЕНТА ПРОКАТКИ ТОЛСТЫХ И СРЕДНИХ ПОЛОС НА ШСГП.....	13
Волкова Д.А. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА ШИРОКОПОЛОСНОМ СТАНЕ СРЕДНИХ И ТОЛСТЫХ ПОЛОС .....	16
Колыбанов А.Н. ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ДЕФОРМАЦИЙ ВАЛКОВОГО УЗЛА КВАРТО .....	19
Кунцевич А.А. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА И КОРРЕКЦИИ КОНТРОЛЬНЫХ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМА НАГРЕВА СЛЯБА НА ШСГП.....	22
Сафуанов А.И., Узбеков Н.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ КРАСОК С НАНОМАТЕРИАЛАМИ .....	25
Столяров Ф.А., Машкина С.В. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАНАТНОЙ ПРОВОЛОКИ .....	28
Горбунова К.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРУППОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕАГЕНТОВ-СОБИРАТЕЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ.....	31

Дегтярева К.А. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГИДРОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ПЕРВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ .....	34
Жакова О.И, Арне Н.В., Хамитова А.Х. РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЖИГА ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ .....	37
Захаркина Е.И. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, ПОРОЖДЕННЫХ КРАЕВЫМИ ЗАДАЧАМИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА С ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ НЕЙМАНА .....	40
Киселева В.Н. К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	42
Куклина О.В., Хасанзянова А.И., Пузина А.С., Ахметзянов Т.Н., Гаврюшина Я.В. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ .....	44
Латыпова Р.У. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА И АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ НА ПРИМЕРЕ ПРОФЕССИИ СЛЕСАРЯ-САНТЕХНИКА .....	47
Максименко И.А. АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА СО СМЕШАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ .....	48
Морозов И.Е. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ НА ПРОЕКТИВНОЙ ПЛОСКОСТИ .....	51
Потапова Ю.С., Яковлев С.В. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ- ВСПЕНИВАТЕЛЕЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ И ЭЛЕМЕНТНЫМ СОСТАВОМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ КОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ .....	54

Прохорова Н.В. ИЗУЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАТУРАЛЬНОГО ПОДСЛАСТИТЕЛЯ СТЕВИОЛГЛИКОЗИДА .....	56
Пугенихина А.С. АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ НОРМИРОВАННЫХ СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАТОРА ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ .....	58
Саутина Е.Д. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОТБОРА КОНТИНГЕНТА СОТРУДНИКОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛОЖНЫХ РАБОТ В УДАЛЕННЫХ ТРУДОВЫХ ЗОНАХ.....	61
Сергеева Ю.А. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ В НОВОЙ ВЕРСИИ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 9001-2015 .....	64
Тришкина Е.А. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ НЕЙМАНА, ПОРОЖДЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ЛАПЛАСА .....	67
Филатова А.Д. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ, ПОРОЖДЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ПУАССОНА .....	69
Чернецкая Н.С. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ СМЕШАННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ .....	72
Юркина О.И., Абсалямова В.И., Иванченко Д.А. ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ВАНАДИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 74	
Антонов А.А. ЭФФЕКТ СИНЕРГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА У УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ.....	77
Фомина Е.Н. ТРЕВОГА И ТРЕВОЖНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ.....	80
Вдовина Е.П. ПРОЦЕСС РАБОТЫ НАД ПЕЙЗАЖЕМ «ТИХАЯ ГАВАНЬ» В ТЕХНИКЕ МАСЛЯНОЙ ЖИВОПИСИ: ВЫБОР ТЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИИ .....	83

Даньшова А.В. ЖИВОПИСНЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ Е.С. ЗЕРНОВОЙ В СОБРАНИИ МАГНИТОГОРСКОГО ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКОГО МУЗЕЯ .....	87
Лукьянова М.В. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА БЛАГОУСТРОЙСТВА ВНУТРИКВАРТАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ 143 МИКРОРАЙОНА ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА.....	90
Нагимова О.А. ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИИ СКВЕРА В 142 МИКРОРАЙОНЕ ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА .....	92
Полищук А.В. НЕИЗВЕСТНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ МАГНИТОГОРСКОГО ХУДОЖНИКА В.И. ЗАХАРОВА-ХОЛМСКОГО .....	94
Смирнова Д.П. АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РЕНОВАЦИИ СКВЕРА В МИКРОРАЙОНЕ 143 ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА .....	97
Спасеева Н.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ТК «ВЕСНА» В ГОРОДЕ МАГНИТОГОРСКЕ.....	99
Харитоновна А.Д. ПРОЕКТ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИИ 142 МИКРОРАЙОНА ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА.....	102
Шарафуллина А.А. СОБРАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ФОНДА МАГНИТОГОРСКОГО ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКОГО МУЗЕЯ .....	105
Бахтеева Л.Р. ВЫБОР СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ В ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРАХ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ.....	108
Искужина А.А., Бугайцов Д.Е. ИЗУЧЕНИЕ ФЛОТИРУЕМОСТИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ НОВЫМИ РЕАГЕНТАМИ .....	112
Бакиева А.В. ПРОФИЛАКТИКА ТЕКУЧЕСТИ ПЕРСОНАЛА И УСТОЙЧИВОСТЬ КАДРОВ.....	115

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАЛИБРОВАННОЙ СТАЛИ**

Антошкина К.А. (ММЗм-17)\*

Емкость рынка калиброванной стали составляет ориентировочно 301 тыс. т/год, из них не менее 70 тыс. т/год приходится на калиброванную сталь со специальной отделкой. Калиброванной сталью принято называть сплошные с гладкой, светлой или матовой поверхностью стальные изделия типа прутков или проволоки.

Наиболее широкое применение калиброванная сталь получила в тех отраслях промышленности, где требуется высокая степень точности к размерам заготовки профиля и к качеству шероховатости поверхности профиля. Одним из основных преимуществ применения калиброванного проката является то, что отпадает необходимость в дополнительной обработке поверхности профиля. Это позволяет снизить себестоимость изготовления отдельных деталей и, в конечном итоге, себестоимость всего изделия [1].

Калиброванный прокат по форме профиля бывает трех видов: круг, шестигранник и квадрат. Круг калиброванный нашел свое применение в машиностроении, приборостроении и в сельхозмашиностроении, там, где необходима повышенная точность изготовления и качество применяемого материала.

Калиброванный квадрат используется, главным образом в машиностроении для изготовления деталей и узлов машин, таких как втулки, плунжеры, шпиндели.

Калиброванный шестигранник применяется для изготовления крепежных деталей; болтов, гаек. Также прокат шестигранный широко используется в машиностроительной гидравлике, для изготовления арматуры соединения трубопроводов гидравлики (штуцера, накидные гайки, переходники).

Основными потребителями калиброванного проката являются: «Нефтекамский завод», ОАО «БелЗАН» г. Белебей, который изготавливает автомобильный крепеж. Сегодня среди потребителей продукции ОАО «БелЗАН» практически все отечественные автопроизводители: «АвтоВАЗ», «КамАЗ», «УАЗ», «ГАЗ», «GM-АвтоВАЗ». Также калиброванный прокат поставляется в АО научно-производственная корпорация «УРАЛВАГОНЗАВОД», «Минский завод

---

\* Работа выполнена под руководством Пивоваровой К.Г.

колесных тягачей», Республика Беларусь, для производства тягачей, самосвалов, автобусов и другой продукции. «Шадринский агрегатный завод» изготавливает из калиброванного проката радиаторы, отопители и домкраты.

В последние годы объем выпуска калиброванной стали составил примерно 301 тыс. тонн в год, рыночные доли производителей за этот период представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Основные производители калиброванной стали

В последние годы емкость рынка стали калиброванной и стали со специальной отделкой не претерпела значительных изменений, что говорит о стагнации рынка. Одной из причин этого является неудовлетворительное качество калиброванной стали не отвечающее требованиям мировых стандартов.

Это затрудняет возможность металлургических предприятий выйти на мировой рынок. Происходит это из-за ряда причин, таких как: устаревшее оборудование и технологии производств калиброванной стали, отсутствие инновационных подходов в области разработки новых марок стали, низкое качество горячекатаного сортового проката [2].

Для решения данных проблем был произведен патентный поиск с ретроспективой 25 лет и литературный поиск, результаты которых показали, что научные разработки по калиброванному прокату в последние годы не публиковались, а наибольшим числом патентов в этой области владеют Нижегородский государственный технический

университет им. Р.Е. Алексеева и Оскольский электрометаллургический комбинат.

Исходя из результатов литературного поиска, можно сделать вывод о том, что основополагающие научные труды сосредоточены до 2000 годов, и в нынешние годы их численность значительно уменьшилась, что говорит о том, что современные производители калиброванной стали работают по устаревшим технологиям.

Для решения проблем по устаревшему оборудованию, нужно использовать современные технологии и, прежде всего, это модульные технологии. Модульный технологический процесс объединяет в себе преимущества единичного, типового и группового процессов плюс приобретает ещё и гибкость. На мировом рынке такие фирмы как ENCE GmbH, JUNWELL, DOFLUID, C-KING, DELTROL и другие, предлагают различные вариации технологических линий, которые уменьшат потребность во вспомогательном оборудовании, сократят производственные площади и значительно снизят стоимость производства [3].

Также перспективным направлением получения новых свойств и технологических характеристик при производстве калиброванной стали является расширение номенклатуры используемых материалов. Современные тенденции развития высокотехнологичных производств в области обработки металлов давлением (ОМД) показывают, что все чаще для получения традиционных изделий и заготовок используются инновационные стали классов TWIP и TRIP, обладающие метастабильной структурой с остаточным аустенитом, который может в широких диапазонах изменять свойства металла в условиях деформационного воздействия.

Использование приведенных тенденций значительно повысят качество калиброванного проката, помогут сделать отечественную продукцию конкурентоспособной и выведут предприятия на международный уровень [4].

#### Библиографический список

1. Корчунов А.Г. и др. Формирование качества поверхности стали при калибровании в монолитной волоке: монография. Магнитогорск: Изд-во ГОУ ВПО «МГТУ», 2007, 88с.
2. Электронный ресурс: [www.rosmetiz.ru](http://www.rosmetiz.ru).
3. Электронный ресурс: [www.rolling-mills.ru](http://www.rolling-mills.ru).
4. Электронный ресурс: [www.heatreatment.ru](http://www.heatreatment.ru).

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ НА ШИРОКОПОЛОСНОМ СТАНЕ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ПОЛОС ТОЛЩИНОЙ МЕНЕЕ 2,5 мм

Бирюков Д.А. (ММПм-17)\*

В конце XX века отчетливо проявилась и в настоящее время усиливается тенденция к расширению производству тонких (толщиной менее 2,5 мм) горячекатаных полос. Для эффективного получения такой продукции были созданы и сегодня широко распространены тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты. Однако подобный металл в больших количествах прокатывается и на ШСГП. Если в конце 90-х годов XX века доля полос толщиной 1,5-2,0 мм в сорimente ШСГП составляла около 10 %, то в 2012г. возросла до 18,6 % и к 2017г. достигла 31,6 % (рис. 1).

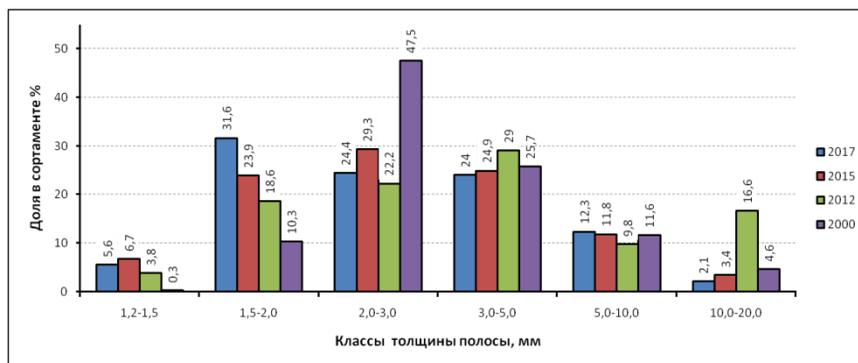


Рис. 1. Развитие сортамента ШСГП по толщине полос в 2000-2017г.

Появление на рынке и развитие потребления тонких горячекатаных полос обусловлено следующими обстоятельствами. Потребность в листовом металле толщиной менее 1,5 мм традиционно удовлетворяется холоднокатаной сталью. В типичном сорименте цехов холодной прокатки около 20 % составляют полосы толщиной 1,2-3,0 мм, поставляемые по ГОСТ 16523 с качеством отделки поверхности групп 2 и 3. При этом около 35 % от этого количества составляют полосы толщиной 1,5-1,8 мм. По сравнению с холодной прокаткой

\* Работа выполнена под руководством Румянцева М.И.

эксплуатационные издержки при производстве тонких горячекатаных полос существенно ниже. Кроме того, сокращается технологический цикл производства, уменьшаются капитальные удельные затраты и загрязнение окружающей среды. Современный уровень развития технологии и оборудования для производства горячекатаной полосовой стали позволяет уже сегодня заменить горячекатаными от 30 до 40 % выпускаемых холоднокатаных полос в диапазоне толщин 1,2-3,0 мм. Ожидается, что наиболее широкое применение найдут полосы толщиной 1,3 и 1,5 мм. На сегодняшний день можно выделить три направления использования тонких горячекатаных полос – в качестве подката для станов холодной прокатки, как самостоятельного вида продукции и для замены холоднокатаного проката.

При производстве тонких горячекатаных полос в условиях ШСГП-2000 ПАО «ММК» толщиной менее 2,5 мм возникает серьезная проблема с таким дефектом как заворот кромки.

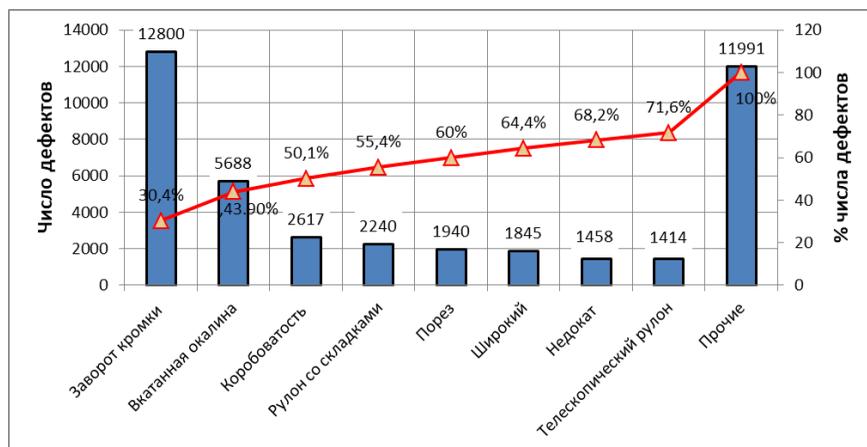


Рис. 2. Диаграмма Паретто по причинам отсортировки тонких горячекатаных полос в несоответствующую продукцию

Данный дефект получается вследствие механического травмирования рулона при транспортировке в вертикальном положении от моталок на склад. Чтобы предотвратить дефект «заворот кромок», необходимо модернизировать отводящий конвейер таким образом, чтобы рулон транспортировался в горизонтальном положении.

Таким образом, на сегодняшний день наблюдается повышение спроса на тонкие горячекатаные полосы толщиной менее 2,5 мм. При этом перспективным направлением для Российской Федерации в

развитии черной металлургии можно считать замену холоднокатаной листовой стали аналогичной по качеству горячекатаной. Для развития этого направления необходимо максимально увеличить качество выпускаемой продукции и устранить все имеющиеся проблемы при производстве тонких горячекатаных полос указанные выше.

#### Библиографический список

- 1 В. Бальд, Г. Кнеппе, Д. Розенталь и др. Новейшая технология производства горячекатаных полос. МРТ, 2000. С. 26-41.
2. Ганжин В., Киселев Ю. Технология XXI века. Перспективы России. Национальная металлургия. 2003. № 1. С. 77-85.
3. Салганик В.М., Гун И.Г., Карандаев А.С. и др. Тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты для производства стальных полос. М.: Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003. 506 с.
4. Румянцев М.И. Производство горячекатаных полос для замещения холоднокатаного проката как одно из решений повышения ресурсоэффективности листопрокатных технологических систем. Современные проблемы горнометаллургического комплекса. Наука и производство: Материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции. Том 1. Старый Оскол: 23-25 ноября 2016 г. С. 199-206
5. Румянцев М.И., Шубин И.Г., Исмагилов Р.А и др. Производство горячекатаного листового проката для замещения холоднокатаного аналогичного назначения. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2012. 134 с.

УДК 621.771

### **МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МОМЕНТА ПРОКАТКИ ТОЛСТЫХ И СРЕДНИХ ПОЛОС НА ШСГП**

Волкова Д.А. (ММПм-17)\*

При совершенствовании технологических систем листовой прокатки большое значение имеет задача определения момента прокатки. Наиболее универсальными являются модели, в которых момент прокатки выражается через усилие прокатки  $P$  и длину геометрического очага деформации  $l_x$  с использованием коэффициента плеча  $\psi$  ( $M_{np} = 2P\psi l_x$ ) [3].

---

\* Работа выполнена под руководством Румянцева М.И.

При таком подходе первостепенное значение приобретает задача расчета  $\psi$ . Наиболее распространены формулы, в которых фактором коэффициента плеча является характеристика высоты очага деформации

$$m = l_x / \bar{h}, \quad (1)$$

где  $\bar{h}$  - средняя толщина полосы в очаге деформации.

Рекомендации по использованию таких формул сводятся к указанию способа прокатки (горячая или холодная), а числовые значения  $m$ , как правило, не конкретизируются. Поэтому для моделирования конкретных случаев прокатки, например – толстых полос валками относительно малого диаметра (700-850 мм) в чистовой группе широкополосных станов горячей прокатки (ШСГП), необходимо либо выполнить селекцию известных формул, либо разработать новые зависимости. В работе была поставлена цель выявить наиболее значимые факторы коэффициента плеча и построить зависимость для условий горячей прокатки толстых полос на ШСГП.

Методика и результаты исследования. В качестве экспериментальных данных использовали результаты наблюдений при прокатке на ШСГП 2000 полос из стали марок 10Г2ФБЮ и 17Г1С-У. Для построения модели крутящего момента использовали данные, записанные с помощью датчиков АСУ ТП, которые обрабатывали по известной методике [4] следующим образом. На основании значений тока и напряжения двигателей при холостом ходе стана ( $I_{xx}$  и  $U_{xx}$ ) и при установившемся процессе прокатки деформации металла ( $I$  и  $U$ ) определяем крутящий момент на рабочих валках:

$$M_{кр} = \frac{(U \cdot I - I^2 \cdot R_{я}) - (U_{xx} \cdot I_{xx} - I_{xx}^2 \cdot R_{я})}{\omega_{\partial в}} \cdot i \cdot \eta, \quad (2)$$

где  $R_{я}$  и  $\omega_{\partial в}$  - сопротивление якоря и угловая скорость вращения двигателя;

$i$  и  $\eta$  - передаточное число и коэффициент полезного действия привода.

Величина  $M_{кр}$  включает момент трения в подшипниках жидкостного трения опорных валков [3], который, с учетом конструктивных особенностей ПЖТ ШСГП 2000 рассчитывали по формуле:

$$M_{mp} = P \mu_{ПЖТ} d_{ПЖТ} \frac{D_p}{D_{он}} = 0,00315 P \frac{D_p}{D_{он}}, \quad (3)$$

где  $d_{ПЖТ}$  и  $\mu_{ПЖТ}$  - диаметр втулки-цапфы и коэффициент трения в ПЖТ;

$D_p$  и  $D_{on}$  - диаметр бочки рабочего и опорного вала.

Окончательно коэффициент плеча равнодействующей находим по зависимости:

$$\psi = \frac{M_{кр} - M_{mp}}{2Pl_x} \quad (4)$$

Анализом данных в программе STATISTICA установили, что наиболее значимыми факторами коэффициента плеча являются высота очага деформации  $m$  и отношение радиуса рабочего вала к толщине полосы на входе в очаг деформации ( $R_p/h_0$ ). Множественным регрессионным анализом получили следующую зависимость, достоверную с доверительной вероятностью 95 %:

$$\psi = 0,33 + 0,62 \frac{h_0}{R_p} - 0,016m^2 \quad (5)$$

$$(R^2 = 0,645; F_p = 42,724; F_{95} = 4,737)$$

Расчетами по формуле (5) построили график (рисунок). Из рисунка видно, прокатка толстых полос может изменяться в пределах от 0,45-0,6 в черновых клетях ( $m=1,3-2,0$  при  $R_p/h_0=2,0-9,0$ ) до 0,20-0,35 в чистовых ( $m=1,2-2,5$  при  $R_p/h_0=9,4-30,0$ ). Наиболее значительная вариация  $\psi$  наблюдается при  $R_p/h_0 < 10$ . Чем ниже очаг деформации (чем больше  $l_x/\bar{h}$ ), тем меньше коэффициент плеча. Такая тенденция соответствует известным закономерностям [1, 2] и обусловлена смещением точки приложения усилия прокатки в направлении сечения выхода из очага деформации [5].

При прокатке толстых полос на ШСП коэффициент плеча может изменяться в пределах от 0,45 до 0,6 в черновых клетях и от 0,20 до 0,35 в чистовых. Величина  $\psi$  определяется не только фактором высоты очага деформации  $m = l_x/\bar{h}$ , но и отношением радиуса рабочего вала к толщине полосы на входе в очаг ( $R_p/h_0$ ). Получена статистически надежная аппроксимация влияния указанных факторов на коэффициент плеча при прокатке толстых полос.

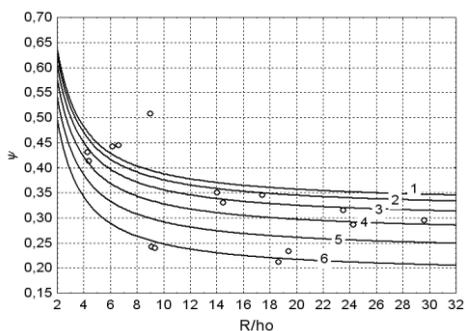


Рис. Диапазон варьирования коэффициента плеча при прокатке толстых полос на ШСГП (линии 1-5 соответствуют значениям  $m = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$  и  $3,0$ )

#### Библиографический список

1. Зайков М.А., Полухин В.П., Зайков А.М., Смирнов Л.Н. Процесс прокатки. М.: МИСИС, 2004. 640 с.
2. Клименко В.М., Онищенко А.М. Кинематика и динамика процессов прокатки. М.: Металлургия, 1984. 232 с.
3. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. М.: Металлургия, 1985. 376 с.
4. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. М., Металлургия, 1986. 430 с.
5. Полухин П.И., Николаев В.А., Полухин В.П. и др. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке. М.: Металлургия. 1974. 200 с.

УДК 621.771

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА ШИРОКОПОЛОСНОМ СТАНЕ СРЕДНИХ И ТОЛСТЫХ ПОЛОС

Волкова Д.А. (ММПМ-17)\*

Для обеспечения процесса прокатки к валкам должен быть подведен определенный крутящий момент. Согласно теории прокатки [1]

\* Работа выполнена под руководством Румянцева М.И.

моментом прокатки называется именно первая составляющая полного момента. В отличие от моделей усилия прокатки, модели для расчета момента рассмотрены в гораздо меньшей степени. Поэтому их анализ в связи с конкретными условиями прокатки является актуальным.

Как известно [2], поступательное движение металла через зазор между валками обеспечивается силами контактного трения, которые действуют на металл в зоне отставания и направлены по ходу прокатки. Для элементарной площадки контакта валка и полосы, размер которой  $b \cdot R_p \cdot d\varphi$ , момент от удельной силы трения  $t$ :

$$dM_{\text{деф}} = t \cdot b \cdot R_p^2 \cdot d\varphi, \quad (1)$$

Момент для одного валка с учетом различного направления сил трения в зонах отставания ( $\alpha < \varphi \leq \gamma$ ) и опережения ( $\gamma < \varphi \leq 0$ ):

$$M_{\text{деф}} = R_p^2 \cdot \int_{\gamma}^{\alpha} t \cdot b \cdot d\varphi - R_p^2 \cdot \int_0^{\gamma} t \cdot b \cdot d\varphi, \quad (2)$$

Если допустить, что силы трения  $t$  и ширина полосы  $b$  на протяжении очага деформации остаются постоянными, а также принять закон трения Амантона  $t = \mu_y \cdot p$ , то после интегрирования получается формула [1]:

$$M_{\text{деф}} = p_{\text{ср}} \cdot b \cdot R_p^2 \cdot \mu_y \cdot (a - 2 \cdot \gamma), \quad (3)$$

В основе моделей момента прокатки как момента усилия прокатки лежит формула  $M_{\text{деф}} = P \cdot \psi \cdot l_x$ , где  $\psi$  - коэффициент плеча усилия прокатки. Результаты одного из немногих сравнительных анализов [4] показывают, что наиболее распространено уравнение, которое для погонного момента  $M_{1\text{деф}} = M_{\text{деф}}/b$  можно представить в следующем виде (для двух валков):

$$M_{1\text{деф}} = 2P_1\psi l + R_p(q_0 h_0 - q_1 h_1), \quad (4)$$

где  $q_0$  и  $q_1$  - заднее и переднее средние удельные натяжения.

При таком подходе первостепенное значение приобретает задача расчета коэффициента плеча усилия прокатки.

Часто для расчета момента прокатки принимают  $\psi = 0,5$ . Однако величина  $\psi$  определяется сочетанием различных факторов процесса и может находиться в пределах от 0,3 до 0,7.

В высоких очагах деформации ( $l_x/h_{\text{ср}} < 1$ )  $\psi = 0,5 - 0,57$  и при том изменяется немонотонно (наибольшее значение 0,57 наблюдается при  $l_x/h_{\text{ср}} \approx 0,4$ ). В низких очагах деформации ( $l_x/h_{\text{ср}} > 1$ ) коэффициент

плеча монотонно уменьшается и его значения тем меньше, чем больше отношение угла захвата  $\alpha$  к углу трения при установившемся процессе  $\beta_y$ .

Примером аналитических зависимостей, может быть, например, формула А.А. Королева [6]:

$$\psi = \frac{1}{2-\varepsilon} \left[ 1 - \varepsilon \left( \frac{e^m}{e^m - 1} - \frac{1}{m} \right) \right], \quad (5)$$

где  $m = \mu_y \cdot l_x / h_{cp}$ .

Разработано также много эмпирических зависимостей. В работах [7, 8] для расчета момента при прокатке на широкополосном стане горячей прокатки (ШСГП) приводится аппроксимация результатов экспериментальных исследований Симса:

$$\psi = 0,78 + 0,017 \frac{R_p}{h_1} - 0,163 \sqrt{\frac{R_p}{h_1}}, \quad (6)$$

Но чаще эмпирическими формулами отображают связь коэффициента плеча с высотой очага деформации  $l_x / h_{cp}$ . Так очень широко известно регрессионное уравнение, полученное М.М. Сафьяном для условий прокатки в чистовой группе ШСГП полос толщиной 2-10 мм [9]:

$$\psi = 0,498 - 0,0283m, \quad (7)$$

где  $m = l_x / h_{cp}$ .

Применение формулы (7) дает хорошее совпадение рассчитанных и фактических моментов прокатки при  $m = l_x / h_{cp} \geq 2$ . Для случаев  $m < 1,4$  наименьшую погрешность дает формула Д.И. Суярова и Ф.С. Гилевича:

$$\psi = 0,4915 + 0,518m - 0,7098m^2 + 0,258m^3 - 0,02m^4, \quad (8)$$

В диапазоне  $m$  от 1,4 включительно до 2 предпочтительно использовать формулу З. Вусатовского

$$\psi = h_1 / (2\Delta h) \ln(h_0 / h_1), \quad (9)$$

Наиболее распространены формулы, в которых фактором  $\psi$  является характеристика высоты очага деформации  $m = l_x / h_{cp}$

Рекомендации по использованию таких формул сводятся к указанию способа прокатки (горячая или холодная), а числовые значения  $m$ , как правило, не конкретизируются. Поэтому для моделирования конкретных случаев прокатки, например, толстых полос валками относительно малого диаметра (700-850 мм) в чистовой группе ШСГП, необходимо

либо выполнить селекцию известных формул, либо разработать новые зависимости.

#### Библиографический список

1. Зайков М.А., Полухин В.П., Зайков А.М., Смирнов Л.Н. Процесс прокатки. М.: МИСИС, 2004. 640 с.
2. Выдрин В.Н. Динамика прокатных станов. М.: Metallurgizdat. 1960. 256 с.
3. Полухин П.И., Николаев В.А., Полухин В.П. и др. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке / М.: Metallurgiya. 1974. 200 с.
4. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки. Справочник. М., Metallurgiya, 1986. 430 с.
5. Клименко В.М., Онищенко А.М. Кинематика и динамика процессов прокатки. М.: Metallurgiya, 1984. 232 с.
6. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. М.: Metallurgiya, 1985. 376 с.
7. Леонович А.С. Автоматические системы управления технологическими процессами и установками прокатных цехов. М.: Metallurgiya, 1979. 368 с.
8. Луговской В.М. Алгоритмы систем автоматизации листовых станов. М.: Metallurgiya, 1974. 320 с.
9. Сафьян М.М. Прокатка широкополосной стали. М.: Metallurgiya, 1969. 460 с.

УДК 621.771

### **ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ДЕФОРМАЦИЙ ВАЛКОВОГО УЗЛА КВАРТО**

Колыбанов А.Н. (ММПм-17)\*

В листопрокатных цехах перед установкой валков в стан, их бочки подвергают станочной профилировке на вальцешлифовальных станках. В результате образующая бочки валка приобретает некоторый шлифовочный (станочный) профиль. В клетях кварто станочный профиль влияет на распределение контактных напряжений вдоль бочек валков. Неравномерность их приводит к образованию поперечной разнотолщинности полосы, ухудшает плоскостность полос, вызывает

---

\* Работа выполнена под руководством Румянцева М.И.

повышенный местный износ и поверхностные разрушения на бочках валков. Чтобы уменьшить негативные последствия неравномерности контактных напряжений, необходимо определить рациональную шлифовочную профилировку, для чего необходимо рассчитывать упрругие деформации валковой системы.

В работе [1] изложен математический и матрично-математический способ моделирования упругих деформаций валков. С его применением были получены хорошие результаты при решении ряда задач [2-4]. С целью упрощения расчета в нашей работе предлагается применить метод аппроксимации зависимости прогиба валка от особенностей размеров валкового узла и условий нагружения.

При таком подходе множественным регрессионным анализом получают уравнение, которое при актуальных характеристиках валкового узла, ширине полосы, значениях усилий  $P$  и  $Q$  позволит определить величину прогиба простым расчетом по формуле. В более общем виде указанный упрощающий подход может быть применен, если построить зависимость для расчета модуля поперечной жесткости валковой системы. Поперечная разнотолщинность полосы выражается через модули поперечной жесткости валковой системы от усилия прокатки ( $M_B^P$ ) и регулирующего усилия ( $M_B^Q$ ) следующим образом [5]:

$$\delta h = \frac{P}{M_B^P} - \frac{Q}{M_B^Q} \quad (1)$$

Модули жесткости численно равны обратной величине изменения поперечной разнотолщинности полосы от единичного приращения усилия прокатки ( $\delta h_P$ ) и регулирующей силы ( $\delta h_Q$ ) по следующим формулам:

$$M_B^P = \frac{1}{\delta h_P} = \frac{P' - P''}{\delta h(P') - \delta h(P'')} \quad (2)$$

$$M_B^Q = \frac{1}{\delta h_Q} = \frac{Q' - Q''}{\delta h(Q') - \delta h(Q'')} \quad (3)$$

где  $\delta h(P')$ ,  $\delta h(P'')$  и  $\delta h(Q')$ ,  $\delta h(Q'')$  – значения поперечной разнотолщинности полосы при разных значениях усилия прокатки ( $P' > P''$ ) и регулирующей силы ( $Q' > Q''$ ) соответственно и при прочих равных условиях.

Таким образом, для упрощения расчета деформации валкового узла и профиля полосы при прокатке в клети кварто необходимо найти зависимость модуля поперечной жесткости валковой системы от влияющих факторов  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ :

$$M_B = f(x_1; x_2; x_3 \dots x_n) \quad (4)$$

С учетом известных закономерностей деформации валковых узлов кварто искомая зависимость должна быть нелинейной. Влияющими

факторами следует принять: 1) ширину прокатываемой полосы  $b$ ; 2) длину межвалкового контакта  $l_{op}$ ; 3) коэффициент податливости полосы  $K_{\Delta h}$ ; 4) диаметр рабочего вала  $D_p$ . Для построения уравнения применили методику планирования эксперимента [6]. Выбрали симметричный композиционный ротатбельный план второго порядка. Для чистой клетки широкополосного стана 2500 ПАО «ММК» получили:

$$M_B^P = -26465 + 3,227 \cdot B + 2,918 \cdot l + 62,39 \cdot D_p + 1,45 \cdot K_{\Delta h} - 0,018405 \cdot Bl + 0,00666 \cdot BD_p + 0,0011846 \cdot BK_{\Delta h} - 0,02412 \cdot lD_p - 0,001767 \cdot lK_{\Delta h} + 0,002833 \cdot D_p K_{\Delta h} + 0,010365 \cdot B^2 + 0,009477 \cdot l^2 - 0,00975 \cdot D_p^2 - 0,000007 \cdot K_{\Delta h}^2 \quad (5)$$

$$M_B^F = 1990 + 0,732 \cdot B - 1,3359 \cdot l - 3,6758 \cdot D_p - 0,387 \cdot K_{\Delta h} - 0,001243 \cdot Bl - 0,0030986 \cdot BD_p - 0,0002147 \cdot BK_{\Delta h} + 0,00081 \cdot lD_p + 0,000261 \cdot lK_{\Delta h} + 0,0006084 \cdot D_p K_{\Delta h} + 0,0011014 \cdot B^2 + 0,000747 \cdot l^2 + 0,006 \cdot D_p^2 - 0,00000023 \cdot K_{\Delta h}^2 \quad (6)$$

Полученные полиномы второй степени позволяют упростить расчет модулей поперечной жесткости от усилия прокатки и регулирующей для валкового узла чистой клетки ШСП 2500 ПАО «ММК». Действенность математической модели [7] в виде указанных полиномов при допустимой погрешности 5 % составляет 96 % для модуля жесткости от усилия прокатки и 92 % от регулирующей силы. Расчет по этим выражениям производится за короткое время, что является значительным преимуществом для производственных условий.

#### Библиографический список

1. Полецков П.П. Моделирование деформаций и нагрузок валковой системы кварто и повышение качества листового проката по профилю: Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 133 с.
2. Полецков П.П., Синицкий О.В., Соловьев А.Г., Литяйкина Ю.Б. Исследование и разработка эффективной профилировки рабочих валков клеток стана 2500 горячей прокатки ОАО «ММК» для условий производства широких полос. Материалы 62-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательской работы за 2002-2003 гг.: Сб. докл. Т. 1. агнигорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2003. С. 52-55.
3. Омельченко Б.Я., Румянцев М.И., Федоров Д.С. Модель формирования профиля полос в чистой группе широкополосного стана горячей прокатки. Материалы 64-й научно-технической конференции по итогам

научно-исследовательских работ за 2004-2005 г. Сб. докладов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2006. С. 48-51.

4. Салганик В.М, Полецков П.П., Виер И.В., Румянцев М.И. Развитие валковых систем СВС на основе математического моделирования для повышения качества холоднокатаного проката и стойкости валков. Труды пятого Конгресса прокатчиков (Череповец, 21-24 октября 2003 г.). М., 2004. С. 146-151.

5. Рокоян С.Е. Теория прокатки и качество металла. М.: Metallurgia, 1991. 223 с.

6. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение; 1980. 304 с.

7. Румянцев М.И. Методы разработки и улучшения технологий производства проката для совершенствования листопрокатных технологических систем. Теория и технология металлургического производства. 2017. № 4 (23). С. 26-36.

УДК 621.771

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА И КОРРЕКЦИИ КОНТРОЛЬНЫХ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖИМА НАГРЕВА СЛЯБА НА ШСГП**

Кунцевич А.А (ММПм-17)\*

Задача выбора нагрева сляба при прокатке на широкополосном стане горячей прокатки (ШСГП) имеет важное значение для получения готовой продукции, удовлетворяющее требованиям нормативной и технической документации, для энергосберегающей прокатки металла в черновых и чистовых клетях с оптимальными нагрузками на оборудование стана [1, 2].

Ключевые контрольные характеристики режима нагрева (ККХ РН) в реальных условиях определяются: химическим составом стали, размерами сляба, требуемым диапазоном температуры металла при прокатке, назначением проката. Значения ККХ РН обычно выбирают и поддерживают на заданных уровнях применительно к конкретной марке стали. Между тем на практике наблюдаются колебания химического состава стали одной и той же марки от плавки к плавке, а также случаи, когда на выполнение заказа из стали конкретной марки направляют

---

\* Работа выполнена под руководством Румянцева М.И.

плавку другого назначения, но с подходящим химическим составом. В таком случае необходимо корректировать ККХ РН в соответствии с реальным химическим составом.

Известно [3, 4], что для выбора режимов нагрева важное значение имеет теплопроводность стали. Для традиционных углеродистых и низколегированных сталей, на основании данных работы [5], получили зависимость теплопроводности от содержания химических элементов в стали Вт/(м·К):

$$\lambda = 45,04 - 8,16C - 3,32Si - 0,52Mn - 0,43Cr - 0,46Ni$$

На основе данных по выбору режимов нагрева слывов в технологической инструкции ШСПИ 2000 были получены соотношения между ККХ РН и коэффициентом теплопроводности [6]:

- целевое значение температуры нагрева  $t_{SRT}^{\circ} = 720 + 12 \cdot \lambda$ , °C;
- температура нагрева  $t_{SRT} = t_{SRT}^{\circ} \pm 10$ , °C;
- удельное время нагрева  $\tau'_{SR} = 38 - 0,7 \cdot \lambda$ , мин./см.;
- целевое значение продолжительности нагрева  $\tau_{SR}^{\circ} = \tau'_{SR} \cdot \text{Нсл}$ , мин.;
- продолжительность нагрева сляба:  $\tau_{SR} = \tau_{SR}^{\circ} \pm 5$ , мин.

В качестве примера сравним ККХРН для стали марки 08Ю различных плавков (табл. 1). Для плавки 302638 характерно пониженное, а для плавков 102729; 102721; 102375 и 302385 ультранизкое содержание углерода, что свидетельствует о переназначении данных плавков. При нормальном химическом составе плавки целевое значение температуры нагрева сляба 1250°C при продолжительности нагрева 2,0-2,5 часа (табл. 2). В остальных случаях  $t_{SRT}^{\circ}$  необходимо повысить до 1260°C, а время нагрева увеличить до 2,8-2,9 час.

Таблица 1  
Химический состав различных плавков стали, назначенных как 08Ю

Номер плавки	Содержание элементов, %				
	C	Si	Mn	Cr	Ni
304499	0,0369	0,0109	0,2139	0,0255	0,0216
304558	0,0760	0,0165	0,3776	0,0348	0,0322
104530	0,0490	0,0197	0,2267	0,0170	0,0132
302638	0,0261	0,0073	0,1950	0,0193	0,0177
102729	0,0039	0,0107	0,1495	0,0343	0,0304
102721	0,0051	0,0085	0,1100	0,0254	0,0136
102375	0,0048	0,0080	0,1070	0,0260	0,0180
302385	0,0039	0,0090	0,1130	0,0180	0,0160

Таблица 2

Полученные значения различных плавок стали, назначенных как 08Ю

Номер плавки	$\lambda$ , Вт/(м·К)	Температура нагрева сляба, $t_{SRT}^{\circ}$ , °С		Продолжительность нагрева (ч) при толщине слябов 250 мм
		Целевое значение	Диапазон	
304499	44,52	1250	1240-1260	2,5
304558	44,06	1250	1240-1260	2,5
104530	44,35	1250	1240-1260	2,0
302638	44,65	1260	1250-1270	2,9
102729	44,81	1260	1250-1270	2,9
102721	44,85	1260	1250-1270	2,8
102375	44,86	1260	1250-1270	2,8
302385	44,86	1260	1250-1270	2,8

Таким образом, нагревом слябов необходимо управлять не по марке стали, а по ее реальному химическому составу. Например, если в стали, маркированной как 08Ю, будет содержание углерода 0,03 % и менее, целевое значение температуры необходимо повысить до 1260 °С, а время нагрева сляба толщиной 250 мм увеличить примерно в 1,5 раза.

#### Библиографический список

1. Полухин П.И., Хензель А., Полухин В.П. и др. Технология процессов обработки металлов давлением. Под ред. Полухина П.И. М.: Металлургия, 1988. 408 с.
2. Салганик В.М., Румянцев М.И. Технология производства листовой стали. Учебное пособие. Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. Магнитогорск, 2007.
3. Тайц Н.Ю. Технология нагрева стали. М.: Металлургиздат, 1962. 568 с.
4. Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В. Теплотехника металлургического производств. Теоретические основы. М.: «МИСИС», 2002. 608 с.
5. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки: Справочник. М.: Металлургия, 1985. 430 с.
6. Румянцев М.И. Примеры решения задач по разработке температурного режима прокатки на ШСП. Методическая разработка.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ КРАСОК С НАНОМАТЕРИАЛАМИ

Сафуанов А.И. (ММТнб-15), Узбеков Н.Е. (ММТнб-15)\*

В настоящее время одним из развивающихся направлений нанотехнологий является строительная промышленность и, в частности, лакокрасочная индустрия. Под нанотехнологиями применительно к лакокрасочной промышленности понимают использование в лакокрасочных материалах (ЛКМ) свойств мельчайших частиц с размерами порядка нанометров. Мало изученными остаются вопросы по влиянию на потребительские и технологические свойства добавок полимерных наноматериалов в «традиционные» водно-дисперсионные краски (ВДК).

Учеными ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» на промышленной площадке ОП ЗАО «АВС Фарбен» (г. Магнитогорск) были проведены комплексные исследования по влиянию добавок углеродных нанотрубок и полимерных нановолокон в ВДК на их потребительские свойства.

Нановолокна изготавливались методом электроспиннинга на установке SNAN-01A. При этом в качестве полимерного материала применялся пенопласт (пенополистирол), а в качестве его растворителя была смесь ацетона и ксилола. Раствор пенополистирола применялся в концентрациях 10 % и 15 %.

Полученные образцы нановолокон исследовались в условиях НИИ НАНОстали ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» на растровом электронном микроскопе для дальнейшего анализа и выявления влияния технологических параметров на их морфологию. Также проводился анализ полученных изображений с помощью компьютерных программ для определения диаметра полимерных волокон. В зависимости от режима получения диаметр волокон составлял 250 – 850 нм.

На рисунке 1 представлены фотографии образцов полимерных нановолокон, полученных при концентрации раствора 10 % и 15 % соответственно.

Далее полученные волокна пенополистирола вводились в ВДК в различном соотношении компонентов и исследовались потребительские свойства красок. Отдельно производилось введение УНТ в состав водно-дисперсионных красок. Внешний средний диаметр УНТ составлял  $2\pm 0,5$  нм.

---

\* Работа выполнена под руководством Голубчик Э.М., Поляковой М.А.

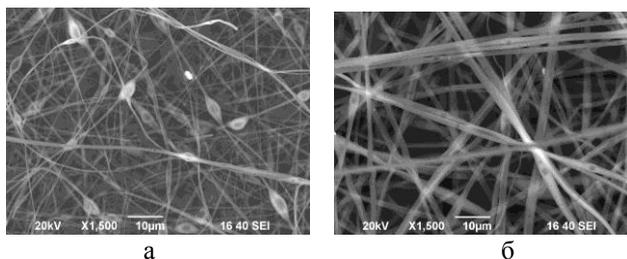


Рис. 1. Образцы, полученные при концентрации раствора 10 % (а) и при концентрации раствора 15 % (б) x1500

Нановолокна вводились в краску двумя способами. Первый способ предусматривал введение волокон в готовую краску непосредственно при смешивании компонентов в диспергирующей установке. Второй способ предусматривал предварительное перемешивание нановолокон пенополистирола с сухим компонентом - кальцитом ( $\text{CaCO}_3$ ) и с последующим добавлением остальных компонентов в диспергирующую установку.

В таблице 1 представлены полученные результаты комплексных исследований влияния добавок нановолокон пенополистирола в водно-дисперсионную краску для потолков на некоторые нормируемые показатели качества краски.

Таблица 1  
Результаты исследований введения нановолокон к ВДК

Способ введения волокон в краску	Кол-во полимерных нановолокон, г	Укрывистость, $\frac{3}{\text{г/м}}$	Вязкость, сП	Сухой остаток, %	Плотность, $\frac{3}{\text{г/см}}$
В процессе смешивания	0,020	155,83	12100	65,6	1,66
	0,060	179,9	12400	65,6	1,66
	0,070	184,35	11700	66,8	1,66
	22	189,48	11500	65,9	1,66
Смесь $\text{CaCO}_3$ + нановолокно	0,929	175	15900	65,5	1,66
Нормируемые параметры		170,5	10500 - 11200	65,5	1,66

Результаты исследований влияния УНТ на свойства ВДК представлены в таблице 2.

Таблица 2  
Результаты исследований введения нановолокон к ВДК

Вид испытания свойств	Вязкость, сП	Сухой остаток, %	Укрывистость, г/м <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Сразу после добавления УНТ в краску	15900	65,5	175	1,66
После хранения образца приготовленной краски с УНТ	12900	65	175	1,67
Нормируемые параметры	10300	65,5	170,5	1,66

На рисунке 2 представлены фотографии образцов краски с УНТ, полученные с помощью растрово-электронной микроскопии.

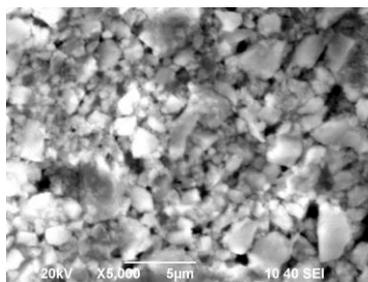


Рис. 2. Образцы водно-дисперсионной краски с добавками УНТ при исследовании методом РЭМ

Проведенный комплекс исследований позволил определить характер влияния вводимых в водно-дисперсионные краски инновационных наноматериалов на изменчивость нормируемых показателей красок, что позволяет формировать новый комплекс потребительских свойств ВДК с одновременным повышением эффективности процесса их промышленного производства.

## Библиографический список

1. Нурмахмадов А.Ф., Гулин А.Е., Полякова М.А.. Использование компьютерных программ для измерения параметров структуры полимерных волокон, полученных методом электроформования. Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 75-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. Т. 1. С. 73-76.

УДК 621.77

### **ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ КАНАТНОЙ ПРОВОЛОКИ**

Столяров Ф.А. (ММб-17-2), Машкина С.В. (ММЗм-17)\*

Для изготовления канатов, эксплуатируемых в условиях воздействия повышенной влажности и загрязнённости воздуха, используется стальная высокоуглеродистая оцинкованная проволока. Нанесение цинкового покрытия, как правило, осуществляется горячим способом из расплава на заготовку, которая в дальнейшем подвергается процессу волочения. Преимущества и недостатки способа горячего цинкования проволоки, а также основные аспекты, связанные с её волочением приводятся в работе [1]. Показано, что при волочении формируются свойства не только стальной основы, но и цинкового покрытия, основным требованием к которому является отсутствие нарушений сплошности, которые, как правило, возникают при волочении. В работе [2] рассмотрено влияние величины единичной деформации и степени противонапряжения на критерий устойчивости цинковой оболочки (покрытия). В работе [3] с помощью конечно-элементного моделирования приводится анализ течения цинкового покрытия в процессе деформации в зависимости от его сплошности (равномерности нанесения). Таким образом, установлено, что характер течения цинкового покрытия зависит от условий его напряжённо деформированного состояния. На сегодняшний день в литературе данных о влиянии параметров процесса волочения, таких как угол рабочей зоны волочильного инструмента, величина единичной деформации напряжённо-деформированного состояния цинкового покрытия в очаге недостаточно.

---

\* Работа выполнена под руководством Барышникова М.П.

Целью работы является установление зависимостей влияния формы очага деформации при волочении канатной высокоуглеродистой оцинкованной проволоки на напряжённо-деформированное состояние цинкового покрытия.

Для решения поставленной задачи был проведён компьютерный эксперимент по моделированию процесса волочения проволоки с цинковым покрытием в программной среде DEFORM-2D по методике, представленной в работах [4, 5], т.е. для определения показателей напряжённо-деформированного состояния цинкового покрытия была создана модель процесса волочения проволоки с оболочкой. Физико-механические свойства материала стальной основы для моделирования были приняты на основании тестовых испытаний, материала оболочки (цинка) из литературных данных. Отношение толщины покрытия к диаметру стальной основы приняты на основании статистической обработки экспериментальных данных, полученных с помощью методов оптической металлографии для проволоки, используемой в условиях ОАО «ММК-МЕТИЗ» при изготовлении канатов.

В результате моделирования был исследован характер напряжённо-деформированного состояния цинкового покрытия в зависимости от условий волочения, таких как величина единичной деформации и угол волочильного инструмента. Для анализа вероятности разрушения покрытия при волочении был выбран критерий Кокрофта-Латама, позволяющий проводить сравнительную оценку влияния различных параметров процесса волочения на характер течения цинкового покрытия. Значение критерия оценивалось в трёх точках на разном удалении границы раздела стальная основа — цинковое покрытие, как показано на рисунке 1.

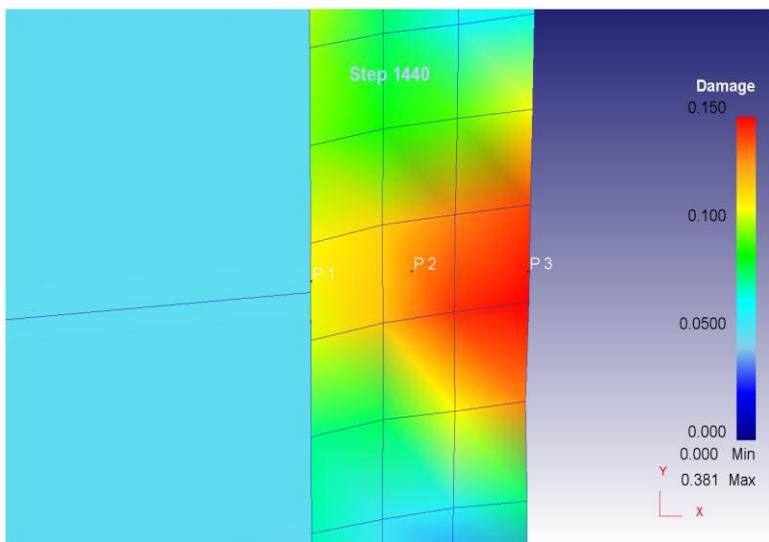


Рис. 1. Точки для анализа значения критерия разрушения цинкового покрытия

Таблица 1  
Значения критерия разрушения для проволоки с цинковым покрытием в зависимости от величины единичной деформации и угла волочильного инструмента

	Обжатие 15 %			Обжатие 21 %			Обжатие 28 %		
	Значение критерия разрушения								
Угол рабочей зоны волюки, град.	1	2	3	1	2	3	1	2	3
8°	0.05	0.07	0.08	0.06	0.09	0.09	0.1	0.14	0.14
10°	0.12	0.13	0.16	0.14	0.17	0.2	0.13	0.14	0.17
12°	0.1	0.1	0.11	0.13	0.13	0.14	0.16	0.16	0.2

Установлено влияние формы очага деформации на напряжённо-деформированное состояние цинкового покрытия и характер его течения при волочении высокоуглеродистой проволоки для стальных канатов.

На основании результатов моделирования показано, что наименьшее значение критерия разрушения наблюдается при использовании угла волоочильного инструмента  $8^\circ$  при обжатии 15 %, 21 % и 28 %. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что угол волоочильного инструмента в  $8^\circ$  является наиболее приемлемым для обжатия в каждом из трех случаев.

#### Библиографический список

1. Недовизий И.Н., Ручкин И.И., Коровайный С.Ф. Производство высокопрочной оцинкованной проволоки для длинномерных канатов. Сталь. 1980-№1. С.53-54.
2. Кузнецов Е.И., Чукин М.В., Барышников М.П., Семенова О.В. Слоистые композиционные покрытия в метизной промышленности. Магнитогорск: ПМП «МиниТип», 1998. 108с.
3. Marcello Gelfi, Luigi Solazzi, Sandro Poli Influence of the Manufacturing Process on Defects in the Galvanized Coating of High Carbon Steel Wires//Materials. 2017. 10. P. 264.
4. Столяров А.Ю., Харитонов В.А. Особенности процесса волочения тонкой высокопрочной проволоки с латунным покрытием под металлокорд. Материалы VIII Междунар. техн. конф. «Техника и технология: новые перспективы развития». М.:Спутник+, 2013. С. 91-96.
5. Столяров А.Ю., Харитонов А.В. Определение глубины слоя дополнительной сдвиговой деформации при волочении тонкой проволоки. Сталь. 2012. № 12. С. 45-47.

УДК 662.749

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРУППОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕАГЕНТОВ-СОБИРАТЕЛЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ**

Горбунова К.А. (ТХб-15)\*

В связи с высокой зольностью углей, добываемых на шахтах РФ, необходимо их обогащение перед отправкой на коксование. Для мелких классов углей используется метод флотации. Флотация является наиболее эффективным методом обогащения угольной мелочи и широко применяется на УОФ. Эффективность процесса флотации во многом определяется физико-химическими свойствами используемых реагентов.

---

\* Работа выполнена под руководством Петухова В.Н.

В качестве реагентов при флотации используются реагенты-собиратели и реагенты-вспениватели. Реагенты-собиратели, адсорбируясь на поверхности углей повышают гидрофобность зерен, обеспечивая их высокую флотуемость. Реагенты-вспениватели, адсорбируясь на границе раздела фаз жидкость-воздух, понижают поверхностное натяжение. При этом создаются благоприятные условия не только для образования пузырьков определенного размера и прилипания к ним взвешенных частиц, но и стабилизация пены. Реагенты-вспениватели благоприятствуют растеканию реагентов собирателей при их абсорбции на угольной поверхности.

Наиболее действенным способом повышения эффективности процесса флотации является разработка эффективного реагентного режима путем внедрения новых селективно действующих реагентов, а также подбор оптимальных параметров процесса.

В качестве исследуемых углей было использовано исходное питание флотации ЦОФ «Беловская». Ситовый анализ исходного питания приведен в таблице 1.

Таблица 1

Ситовый состав исходного питания ЦОФ «Беловская»

Класс крупности, мм	Выход ( $\gamma$ ), %	Зольность, %
+0,5	7,2	18,1
0,5-0,25	45,8	20,2
0,25-0,1	25,7	17,8
-0,1	21,3	20,6
Итого	100	19,4

Таким образом, из ситового состава угольной мелочи видно, что в исходном питании, поступающем на флотацию, в большем количестве содержится класс крупностью 0,5-0,25 мм. Присутствие такого количества крупного класса в процессе флотации приводит к снижению скорости процесса. Это обусловлено тем, что возникающие в камере флотационной машины турбулентные потоки легко приводят к отрыву крупных частиц от пузырьков воздуха. Устойчивость системы «угольная частица – пузырек воздуха» обратно пропорциональна размерам частиц. На повторное закрепление частиц на пузырьке воздуха требуется определенное время, за счет чего и снижается скорость флотации.

Также исходное питание ЦОФ «Беловская» содержит большое количество мелких классов -0,1 мм. При флотации таких углей требуется несколько большее количество реагента собирателя, за счет резкого увеличения площади поверхности угольных частиц, относящихся к классу -0,1 мм. Так же повышенное содержание мелких классов может

привести к уносу мелких зольных частиц вместе с угольными флокулами, образующимися в процессе флотации.

В качестве реагентов-собирателей были использованы флотек и абсорбент Б, а в качестве реагентов-вспенивателей был использован флотек.

Реагент-собиратель абсорбент Б содержит значительное количество кислородсодержащих соединений различного молекулярного веса, а так же углеводороды.

В связи с тем что на «ЦОФ Беловск» используется Флотек нами было проведено исследование с наиболее эффективным реагентом «Абсорбент Б», а так же с реагентом-собирателем Флотек. В качестве вспенивателя мы использовали Флотек.

Таблица 2

Опытные данные при проведении флотации

Реагентный режим					Показатели флотации						
Собира тель	Всп -ль	Расход реагентов, кг/т			Проду кты флотац ии	Ве с,г	γ, %	A <sup>d</sup> , %	Эг. м, %	Эм .ч, %	η
		Соб- ль	Вс- п- ль	Об- щее							
Флотек	фло тек	1,64 (2+2 +1)	0,3 2	1,96	концен трат	38, 75	77, 5	6,5	89, 9	74	0,8 16
					отходы	11, 25	22, 5	63, 8			
					исходн ый	50, 0	10 0,0	19, 4			
Абсорб ент Б	фло тек	1,02 (1+1 +1)	0,3 2	1,34	концен трат	44, 2	88, 4	10, 5	98, 2	52, 1	0,7 15
					отходы	5,8	11, 6	87, 2			
					исходн ый	50, 0	10 0,0	19, 4			
					отходы	7,3	14, 6	80, 2			
					исходн ый	50, 0	10 0,0	19, 4			

Согласно полученным результатам, применение реагента-собирателя «абсорбент Б» позволяет увеличить выход концентрата с 77,5 % до 88,4 %, повысить зольность отходов с 63,8 % до 87,2 %, а извлечение горючей массы в концентрат с 89,9 % до 98,2 %, при одновременном уменьшении расхода собирателя на 37 % и вспенивателя на 32 %.

## Библиографический список

1. Петухов В.Н. Основные теории и практика применения флотационных реагентов при обогащении углей для коксования. Магнитогорск, 2016г.

УДК

### ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГИДРОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ПЕРВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

Дегтярева К.А. (ТПММ-16-1)\*

Рассмотрим задачу совместного движения изогнутого трубопровода, погруженного во внешнюю среду, и потока жидкости внутри него. Первым приближением по  $\varepsilon$  будем считать системы уравнений (1) и (2) для трубопровода и жидкости соответственно:

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial^2 u^{(1)}}{\partial \tau^2} - \alpha^2 \frac{\partial^2 u^{(1)}}{\partial \zeta^2} + \frac{1-\nu}{2} u^{(1)} + \frac{\delta_k}{h^*} \frac{\partial u^{(1)}}{\partial \tau} + \\
 & + \frac{1+\nu}{2} \alpha \frac{\partial v^{(2)}}{\partial \zeta} - \alpha \nu \frac{\partial \omega^{(1)}}{\partial \zeta} = \frac{1-\nu}{2} f u^{(0)} - 2f \alpha^2 \frac{\partial^2 u^{(0)}}{\partial \zeta^2} - \\
 & - \delta_k f \frac{\partial u^{(0)}}{\partial \tau} + (1-\nu) \alpha f \frac{\partial \omega^{(0)}}{\partial \zeta} - \tilde{\beta} f v_{\text{оф}}^2; \\
 & \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial^2 v^{(2)}}{\partial \tau^2} - \frac{(1-\nu)}{2} \alpha^2 \frac{\partial^2 v^{(2)}}{\partial \zeta^2} + v^{(2)} + \frac{\delta_k}{h^*} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( v^{(2)} - \frac{h^*}{2} \omega^{(1)} \right) - \\
 & - \alpha \frac{1+\nu}{2} \frac{\partial u^{(1)}}{\partial \zeta} - \omega^{(1)} = f \left( \omega^{(0)} - \frac{3-\nu}{2} \alpha \frac{\partial \omega^{(0)}}{\partial \zeta} \right); \\
 & \left( 1 + \frac{\kappa R_0}{E^* h^*} \right) \omega^{(1)} + \frac{h^{*2}}{12} \alpha^2 \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} \left( \alpha^2 \frac{\partial^2 \omega^{(1)}}{\partial \zeta^2} - \omega^{(1)} \right) + \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial^2 \omega^{(1)}}{\partial \tau^2} + \\
 & + \frac{\rho_f}{\rho h^*} \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( \frac{\partial \omega^{(1)}}{\partial \tau} + v_0 \frac{\partial \omega^{(1)}}{\partial \zeta} \right) - \frac{\delta_k}{2} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( v^{(2)} - \frac{h^*}{2} \omega^{(1)} - \alpha \frac{\partial u^{(1)}}{\partial \zeta} \right) + \alpha \nu \frac{\partial u^{(1)}}{\partial \zeta} - v^{(2)} = \\
 & = \frac{h^{*2}}{3} \alpha^4 f \frac{\partial^4 \omega^{(0)}}{\partial \zeta^4} - 2f \nu \omega^{(0)} - f \alpha (1-\nu) \frac{\partial u^{(0)}}{\partial \zeta} + \frac{1}{E^*} \cdot \tilde{Z}_0^{(1)}; \quad (1)
 \end{aligned}$$

---

\* Работа выполнена под руководством Горшиной О.А.

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{\tilde{c}^2} \alpha^2 \frac{\partial^2 u^{(2)}}{\partial \tau^2} - \alpha^2 \frac{\partial^2 u^{(2)}}{\partial \zeta^2} + \frac{1}{2} (1-\nu) u^{(2)} + \frac{\delta_k}{h^*} \frac{\partial u^{(1)}}{\partial \tau} - \\
& - \frac{1+\nu}{2} \alpha \frac{\partial v^{(1)}}{\partial \zeta} - \alpha \nu \frac{\partial \omega^{(2)}}{\partial \zeta} = - \frac{\delta_k}{h^*} \frac{R_0}{h_0 \varepsilon} u^{(0)}; \\
& \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial^2 v^{(1)}}{\partial \tau^2} - \frac{(1-\nu)}{2} \alpha^2 \frac{\partial^2 v^{(1)}}{\partial \zeta^2} + v^{(1)} + \frac{\delta_k}{h^*} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( v^{(1)} + \frac{h^*}{2} \omega^{(2)} \right) + \alpha \frac{1+\nu}{2} \frac{\partial u^{(2)}}{\partial \zeta} + \omega^{(2)} = 0; \\
& \left( 1 + \frac{\kappa R_0}{E^* h^*} \right) \omega^{(2)} + \frac{h^{*2}}{12} \alpha^2 \frac{\partial^2}{\partial \zeta^2} \left( \alpha^2 \frac{\partial^2 \omega^{(2)}}{\partial \zeta^2} - \omega^{(2)} \right) + \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial^2 \omega^{(2)}}{\partial \tau^2} + \\
& + \frac{\rho_f}{\rho_i h^*} \frac{1}{\tilde{c}^2} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( \frac{\partial \omega^{(2)}}{\partial \tau} + v_0 \frac{\partial \omega^{(2)}}{\partial \zeta} \right) + \frac{\delta_k}{2} \frac{\partial}{\partial \tau} \left( v^{(1)} + \frac{h^*}{2} \omega^{(2)} + \alpha \frac{\partial u^{(2)}}{\partial \zeta} \right) + \\
& + \alpha \nu \frac{\partial u^{(2)}}{\partial \zeta} + v^{(1)} = \frac{\rho_{\text{тп}} g h_0}{E^* h^* \varepsilon} + \frac{\alpha \delta_k}{2 \varepsilon} \frac{R_0}{h_0} \frac{\partial^2 u^{(0)}}{\partial \tau \partial \zeta}. \quad (2)
\end{aligned}$$

$$\text{где } \frac{1}{\tilde{c}^2} = \frac{\rho_i R_0^2 \omega^2}{E^*}; \quad \tilde{\beta} = \frac{\alpha \beta l}{2 \rho_i}; \quad \delta_k = \frac{1}{E^*} k R_0 \omega \rho_{\text{тп}} g h_0;$$

$$E^* = \frac{E}{1-\nu^2}; \quad \alpha = R_0/l; \quad h_- = \frac{1}{h^*} \left( 1 - \frac{h^*}{2} \right); \quad h_+ = \frac{1}{h^*} \left( 1 + \frac{h^*}{2} \right).$$

Для системы (1) построим разностную схему интегро - интерполяционным методом [6], для чего зададим сетку по  $\zeta$  с постоянным шагом  $h_\zeta$  от  $\zeta_0 = 0$  до  $\zeta_N = L$  и сетку по  $\tau$  с шагом  $h_\tau$  от  $\tau_0 = 0$ . В результате получим дифференциально-разностные соотношения, для разностной аппроксимации по времени которых используем трехслойную разностную схему, которая была аппроксимирована разностями назад.

Систему уравнений движения жидкости (2) аппроксимируем односторонними разностями [1], учитывая наклон характеристик, для того, чтобы разностная схема уравнения динамики жидкости была устойчива. Вводя замены неизвестных функций для построения разностной аппроксимации и исходя из наклона характеристик, уравнения движения жидкости были аппроксимированы разностями назад для выражений, где тангенс угла наклона характеристик к оси  $\zeta$  был положительный, и разностями вперед для выражений, где тангенс угла наклона к оси  $\zeta$  был отрицательный.

На рисунке 1 представлено давление в жидкости в первом приближении для  $\zeta=100$ . Введем необходимые параметры: плотность жидкости  $\rho_f = 1000 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент Пуассона  $\nu=0,31$ , модуль Юнга  $E=170 \cdot 10^9 \text{ Па}$ , радиус трубопровода  $R_0=0,375 \text{ м}$ , длина трубопровода

$L=3011,25$  м, плотность грунта  $\rho_{sp}=1600$  кг/м<sup>3</sup>, максимальная частота сигнала  $\omega=100$  с<sup>-1</sup>, толщина стенки трубы  $h=0,01$  м, минимальная длина волны сигнала  $l=15$  м, шаг сетки по  $h_{\zeta}=0,25$ . Форму трубы зададим в виде функции  $y(x)=4/(1+0,0025(x-100)^2)$ .

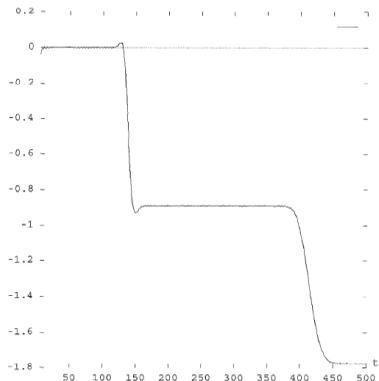


Рис. 1. Давление в жидкости в первом приближении

#### Библиографический список

1. Торшина О.А., Дегтярева К.А. Модификация метода Шварца для начально-краевой задачи Коши. Новосибирск, 2015. С.83-89.
2. Торшина О.А. О следе дифференциального оператора с потенциалом на проективной плоскости. Вестник Челябинского государственного университета. 2003. Т. 3. № 3. С. 178-191.
3. Торшина О.А. Оценка разности спектральных функций дискретных операторов. Альманах современной науки и образования. 2009. № 12-1. С. 123-125.
4. Торшина О.А. Собственные числа возмущенного оператора Лапласа–Бохнера. Наука и современность. 2013. № 26-2. С. 48-52.
5. Торшина О.А. Собственные числа возмущенного оператора с потенциалом на проективной плоскости. Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2014. № 11. С. 171-175.
6. Торшина О.А. Формула регуляризованного следа дифференциального оператора со сложным вхождением спектрального параметра. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2003. Т. 8. № 3. С. 467-468.
7. Torshina O.A. Differential operators on the projective plane. Journal of Computational and Engineering Mathematics. 2015. Т. 2. № 4. С. 84-94.

## РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ОБЖИГА ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Жакова О.И, Арне Н.В. (ТХб-16); Хамитова А.Х. (ТСМб-17-2)\*

Структура ресурсов ванадия в нашей стране определяется наличием больших запасов ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд. В связи с высокой стоимостью переработки и сложностью технологической схемы передела этих руд в настоящее время стала актуальной задача разработки технологий и создания производств по выпуску ванадиевой продукции из техногенного ванадийсодержащего сырья, к которому относятся ванадиевые шлаки металлургического производства и «хвосты» обогащения титаномагнетитовых руд [1].

Попутно может быть решена важнейшая экологическая задача утилизации отходов, занимающих значительные площади и представляющих опасность для окружающей среды, так как при взаимодействии с атмосферными осадками эти отходы выделяют в гидросферу токсичные вещества и тяжелые металлы.

Титаномагнетиты представляют собой смесь главным образом двух минералов: ильменита  $\text{FeTiO}_3$  и магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  с примесью ванадия и хрома. Титаномагнетиты образуют крупные месторождения и являются сырьем для получения ванадия и титана.

Ванадиевые шлаки представляют собой ванадиевые концентраты, относительно легко перерабатываемые на оксид ванадия или ванадат кальция, поскольку при переделе чугуна на сталь ванадиевые шлаки получают попутно. Это обуславливает сравнительно низкую себестоимость ванадия в шлаках. Оксид ванадия, получаемый из шлаков, может конкурировать с оксидом ванадия, получаемым из богатых ванадиевых руд и концентратов. Содержание оксида ванадия в шлаке составляет 18 % от общей массы, а содержание оксида ванадия в «хвостах» титаномагнетитовых руд составляет не более 1 %. Отсюда можно сказать, что для извлечения ванадия больше подходят шлаки, нежели «хвосты».

Технологическая схема переработки ванадий содержащих отходов (16-18 %  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) состоит из следующих этапов [2]:

- подготовки шлака к обжигу (дробление, размол, очистка от металловключений, смешение с реакционной добавкой);
- окислительного обжига шихты в присутствии реакционно-способной добавки ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или  $\text{CaCO}_3$ );

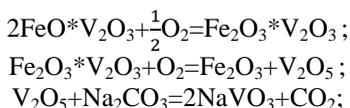
---

\* Работа выполнена под руководством Шубиной М.В., Махоткиной Е.С.

- выщелачивания обожженной шихты водой и раствором серной кислоты;
- осаждения ванадия из растворов в виде химического концентрата  $V_2O_5$  или  $NH_4VO_3$ ;
- сушки, плавки и грануляции химического концентрата  $V_2O_5$ .

Одна из важнейших задач обжига ванадиевых шлаков — окисление низших оксидов железа, ванадия и марганца в высшие и образование растворимых соединений ванадия [3]. При обжиге шлаков оксид  $V_2O_3$  переходит в легкорастворимые соединения ванадия (V), окисляются дисперсное железо, монооксид железа и низшие оксиды марганца, перекристаллизуются силикаты.

Процесс окисления шлаков может быть представлен следующими основными реакциями:



Оптимальный температурный интервал реакций — от 700 до 900°C. В качестве реагентов для окислительного обжига применяют:

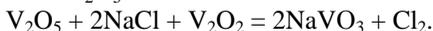
- хлорид натрия или поваренная соль ( $NaCl$ );
- карбонат ( $Na_2CO_3$ ) или сульфат натрия ( $Na_2SO_4$ ).

При переработке высокоизвестковых шлаков (содержание  $CaO$  выше 10 %) обжиг с содой дает более высокое извлечение, чем обжиг с поваренной солью. Хлорированием извлекают из конверторных шлаков наряду с ванадием также титан. При обжиге с хлоридами или содой ванадий образует водорастворимые ванадаты, при переработке хлорированием получается оксохлорид ванадия [4].

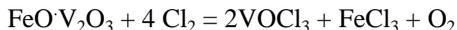
В процессе окислительного обжига тонкоизмельченного шлака с  $NaCl$  при температуре 800-900°C происходит окисление ванадия до высшей валентности и образование растворимого в воде ванадата натрия. При этом протекают следующие основные реакции:



взаимодействие  $NaCl$  с  $V_2O_5$ :



Выделяющийся при обжиге хлор также участвует в процессе вскрытия шпинели:



Оксотрихлорид ванадия, а также хлориды железа, марганца неустойчивы при температуре обжига и переходят в присутствии кислорода в оксид. Если в шихте  $NaCl$  столько, сколько необходимо для реакции с  $V_2O_5$ , то примеси кремния, фосфора и хрома переходят в раствор незначительно, так как  $NaCl$  в этих условиях избирательно реагирует с соединениями ванадия.

В окислительной атмосфере вскрытие ванадиевой шпинели содой  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , как и спекание с хлоридом натрия, ведет к получению ванадата натрия и описывается суммарной реакцией:



При обжиге ванадиевого шлака с содой в барабанных вращающихся печах оптимальная температура составляет 730-745°C, отношение в шихте  $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{V}_2\text{O}_5 = 0,64\text{-}5\text{-}0,68$  (по массе), что близко к стехиометрическому в расчете на образование ванадата натрия. Более высокая температура вызывает спекание шихты. Если шихту предварительно гранулировать, то температуру обжига можно повысить, при этом увеличится степень вскрытия и уменьшится спекание.

Преимущество способа обжига с содой по сравнению с хлорирующим обжигом состоит в том, что не образуются хлорсодержащие газы, и это избавляет от необходимости организации громоздкой системы нейтрализации отходящих газов.

Недостаток технологии в том, что применение соды, как химически более активного реагента по сравнению с хлоридом натрия, приводит к получению растворов ванадата натрия, более загрязненных примесью сопутствующих элементов.

Таким образом, сравнительный анализ окислительного обжига ванадийсодержащих отходов с использованием различных реагентов показал отсутствие универсальных реагентов и способов в связи со значительными различиями химических составов обрабатываемых материалов. Для каждого ванадийсодержащего материала необходимо индивидуально подбирать способ и реагенты для обжига.

#### Библиографический список

1. Шубина М.В., Махоткина Е.С. Рециклинг ванадийсодержащих отходов. Теория и технология металлургического производства. 2016. № 2 (19). С. 71-74.
2. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1991. 432 с.
3. Шубина М.В., Махоткина Е.С. Исследование возможности извлечения ванадия из шлаков переработки титаномагнетитов. Теория и технология металлургического производства. 2013. № 1 (13). С. 75-77.
4. Махоткина Е.С., Шубина М.В. Извлечение ценных компонентов из шлака процесса ITmk3. Металлургия: технологии, инновации, качество под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. С. 340-344.

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, ПОРОЖДЕННЫХ КРАЕВЫМИ ЗАДАЧАМИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА С ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ НЕЙМАНА

Захаркина Е.И. (ТПМм-16)\*

Очевидно, что желание изучить окружающий мир и открыть законы мироздания - это то, что движет человечеством на протяжении всей истории его существования. Сегодня одним из наиболее широко применяемых методов изучения окружающего мира является математическое моделирование. На идее моделирования основан любой метод научного исследования.

Решение обратных спектральных задач сводится к отысканию оператора по спектральным характеристикам: собственным числам и собственным функциям. Интерес к подобным задачам постоянно растет, благодаря расширению сферы их приложения в геофизике, электронике, физике и других отраслях науки.

Рассмотрим спектральную задачу Штурма-Лиувилля

$$L 0 < s < (u) = p_0(s)u^{(4)} + p_1(s)u''' + p_2(s)u'' + p_3(s)u' + p_4(s)u = \mu u, (1)$$

$$u(0) = u'(0) = 0,$$

$$u(1) = u'(1) = 0.$$

Здесь функции  $[p_0(s)]^{-1}, p_j(s), j = \overline{1,4}$  непрерывные в  $L_2[a, b]$ .

Пусть система функций  $\{\varphi_k(s)\}_{k=1}^{\infty}$  является ортонормированным базисом пространства  $L_2[0,1]$  найдем

$$\int_0^1 [p_0(s)\varphi_k^{(4)}(s) + p_1(s)\varphi_k'''(s) + p_2(s)\varphi_k''(s) + p_3(s)\varphi_k'(s) + p_4(s)\varphi_k(s)] ds = \mu_k, k \in \mathbb{N}. \quad (2)$$

Изучим спектральную задачу Штурма-Лиувилля

$$u^{(4)}(s) = \lambda u(s), 0 < s < 1 \quad (3)$$

$$u'(0) = 0, u'(1) = 0,$$

$$u''(0) = 0, u''(1) = 0$$

Для построения системы координатных функций  $\{\varphi_k\}_{k=1}^{\infty}$ , найдем собственные значения и собственные функции данной спектральной задачи.

---

\* Работа выполнена под руководством Кадченко С.И.

Собственные функции имеют вид

$$u_k = C_k \{ \text{ch}(q_k s) \cos(q_k) - \text{ch}(q_k s) \cos(q_k s) - \text{sh}(q_k s) \sin(q_k) - \text{sh} q_k s \sin q_k s - \text{ch} q_k 1 - s + 2 \cos q_k 1 - s \} \quad (4)$$

Постоянные  $C_k$  находятся из условия нормировки.

В дальнейшем в качестве системы координатных функций будем использовать систему  $\{u_k(s)\}_{k=1}^{K_s}$ . Тогда формулы (2) запишем

$$\int_0^1 [p_0(s)u_k^{(4)}(s) + p_1(s)u_k'''(s) + p_2(s)u_k''(s) + p_3(s)u_k'(s) + p_4(s)u_k(s)]u_k(s)ds = \mu_k, \quad k \in K_s.$$

Далее вычислим собственные значения спектральной задачи.

$$\int_0^1 [p_4(s)u_k(s)]u_k(s)ds = \mu_k - \lambda_k -$$

$$\int_0^1 [p_0(s)u_k^{(4)}(s) + p_1(s)u_k'''(s) + p_2(s)u_k''(s) + p_3(s)u_k'(s)]u_k(s)ds$$

Построим уравнение Фредгольма первого рода

$$\int_0^1 K(x, s)p_4(s)ds = f(x), \quad c \leq x \leq d,$$

где  $f(x)$  и  $K(x, s)$  такие, что

$$f(x_k) = \mu_k - \lambda_k -$$

$$\int_0^1 [p_0(s)u_k^{(4)}(s) + p_1(s)u_k'''(s) + p_2(s)u_k''(s) + p_3(s)u_k'(s)]u_k(s)ds$$

$$x_k = \mu_k, \quad K(x_k, s) = u_k^2(s), \quad k = \overline{1, K_s}$$

Для проверки построенного алгоритма зададим потенциал  $p_4(s)$  спектральной задачи (1). Воспользовавшись разработанным алгоритмом, вычислим значения потенциала  $\widetilde{p}_4(s_k)$  в узлах дискретизации. Сравним получившиеся результаты.

Эксперимент проведен при следующих условиях:  $p_4(s) = \sin s + 2$ ,  $s \in [0, 1]$  с параметром регуляризации  $\alpha = 1,6 \cdot 10^{-12}$ . Значения абсолютной поточечной погрешности вычислено по формуле  $\xi_k = |\widetilde{p}_4(s) - p_4(s)|$ .

$k$	$p_4(s)$	$\widetilde{p}_4(s_k)$	$\varepsilon_k$
1	2.000000	2.123518	0.123518
2	2.055406	2.124005	0.068599
3	2.130614	2.132190	0.001576
4	2.221446	2.215568	0.005887
5	2.312548	2.307862	0.004686
6	2.415895	2.414231	0.001664
7	2.514789	2.513256	0.001533
8	2.621478	2.621111	0.000367
9	2.712589	2.711251	0.001338
10	0.881256	0.880033	0.001223
11	2.975236	2.971231	0.004005
12	3.001231	1.000226	0.001029
13	3.122532	3.122111	0.000421
14	3.245679	3.241231	0.004555
15	3.369875	3.369712	0.000163
16	3.456210	3.453212	0.002998
17	3.532894	3.532143	0.000751
18	3.823695	3.823669	0.000026

#### Библиографический список

1. Кадченко С.И. Численный метод решения обратных задач, порожденных возмущенными самосопряженными операторами, методом регуляризованных следов. Вестник СамГУ, Естественнонаучная серия, 2013. № 6(107). С. 23-30.
2. Кадченко С.И., Кинзина И.И. Вычисление собственных значений собственных чисел несамосопряженных операторов. Математическое моделирование и краевые задачи, 2005. №3. С. 117-120.

УДК 622.002.8

### К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Киселева В.Н. (ТБЖБ-14)\*

В настоящее время на территории Российской Федерации сформировано большое количество техногенных образований в виде отработанных карьеров, отвалов и складов некондиционных руд.

---

\* Работа выполнена под руководством Свиридовой Т.В.

Согласно данным ФГУ НИЦПУРО, в России ежегодно образуется более 3 млрд. тонн отходов промышленного производства. Более 90 % промышленных отходов возникает в процессе добычи и обогащения полезных ископаемых, однако только 30-40 % обезвреживаются.

Один из способов решения этой проблемы использование выработанного карьерного пространства для размещения промышленных отходов (ПО). В этом случае выработанное карьерное пространство, являясь с одной стороны, отходом открытых горных работ, с другой – будет местом их размещения.

Существуют примеры использования карьерного пространства рудных месторождений для складирования вскрышных пород: пространство Гологарского карьера на комбинате «Магнезит» и засыпка хвостами обогащения карьеров Каменский, Западный Высокогорского горно-обогатительного комбината.

Карьер «Западный» горы Магнитной используется как емкость для размещения шлаков. При этом заполнение выработанного пространства обеспечивает восстановление ландшафта местности и снижение вредного воздействия на окружающую среду.

Крупные промышленные предприятия, обладающие собственными отработанными карьерами, размещают в них отходы производства, одновременно решая вопрос их рекультивации. Анализ показывает, что эта деятельность носит случайный характер и ведется исходя из опыта и интуиции, без достаточного научного обоснования, что не обеспечивает необходимые экономические показатели и возможности размещения промышленных отходов II-IV классов опасности при соблюдении экологических требований. Обычно применяются строительные отходы, различные шлаки, вскрышные породы. В связи с разнообразием геологических и гидрогеологических условий, уникальным географическим расположением и другими особенностями месторождения невозможно выбрать единые рекомендации по формированию выработанного пространства в виде емкости для размещения отходов. Однако, необходимо научное обоснование выбора и пригодности выработанного карьерного пространства для размещения промышленных отходов.

#### Библиографический список

1. Некерова Т.В. Использование отработанных карьеров для размещения промышленных отходов. Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 1. № 70. С. 156-158.
2. Свиридова Т.В. Применение геомембран для изоляции хранилищ промышленных отходов. Теория и технология металлургического производства. 2014. № 1 (14). С. 74-76.

## ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ УГОЛЬНЫХ ШЛАМОВ

Куклина О.В. (ТХб-16), Хасанзянова А.И. (ТХб-16),  
Пузина А.С. (ТХб-17), Ахметзянов Т.Н. (ТХб-17),  
Гаврюшина Я.В. (ТХб-17)\*

При добыче и обогащении углей образуются отходы — обводненные шламы и тонкие илы (мелкодисперсный и высокозольный продукт) [1, 2].

Потребность в улучшении физико-механических свойств дисперсных угольных систем, составляющих шламы, обусловлена тем, что они обладают низкими адгезионными свойствами.

Поэтому разработка новых технологических решений, направленных на эффективную переработку шламов с получением товарного продукта с улучшенными потребительскими свойствами является актуальной и имеет большое практическое значение [3-5].

Для исследования была отобрана проба исходного питания флотации ООО «ММК-УГОЛЬ». Угли являются высокозольными, с содержанием класса <0,05мм 34,0 %, причем данный класс является наиболее зольной частью питания флотации, зольность мелкого шлама составляет 39,8 %, что ухудшает селективность флотационного процесса. Распределение по другим классам крупности не равномерное и отличается для разных проб исходного питания. Это также отрицательно влияет на качественно-количественные показатели флотации и их нестабильность.

Петрографический анализ угольной мелочи, поступающей на флотацию показал, что содержание витринита в нем 72 %, а инертинита 26 %, что указывает на хорошие спекающие свойства угля.

Рефлектограммным анализом установлено, что угольная мелочь содержит в основном угли марки Ж и КС, что подтверждается выходом летучих веществ из исходных углей ( $V^{\text{daf}}=25,8\%$ ).

Для изучения физико-химических свойств проба исходного питания флотации была измельчена на дисковом истирателе до крупности 0,07 мм.

Седиментационный анализ показал (рис.), что распределение частиц по размерам неравномерное, основная доля частиц приходится на наивероятнейший радиус 15 мкм, а для исходного угля 17 мкм, причем в

---

\* Работа выполнена под руководством Свечниковой Н.Ю.

случае исходного угля распределение более равномерное, чем для измельченного шлама.

Тонкие шламовые частицы, имеют большую удельную поверхность. Нами далее была определена удельная поверхность шлама калориметрическим методом, основанным на измерении теплоты смачивания пробы. Было выявлено, что удельная поверхность шлама составила  $70,75 \text{ м}^2/\text{г}$ , что в 3,5 раза больше чем исходного питания.

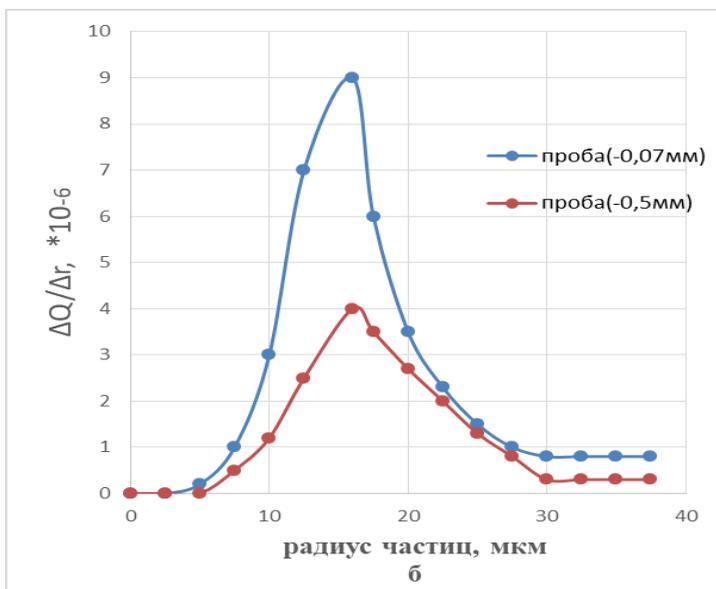


Рис. Дифференциальная кривая распределения количества угольных частиц по размерам

Адсорбционные свойства шламов определяли методом, основанным на способности поверхности твердых адсорбентов избирательно поглощать и концентрировать отдельные компоненты раствора.

Теоретически известно, что чем выше удельная поверхность адсорбента, тем больше величина адсорбции, однако нами в работе было выявлено, что исследуемая проба угольного шлама имеет поглотительную способность ниже ( $6,0 * 10^{-4}$  моль/г), чем проба исходного угля ( $7,5 * 10^{-4}$  моль/г).

Это объясняется, тем, что микропузырьки воздуха, адсорбированные на поверхности частиц, препятствуют контакту поверхности с реагентом, что приводит к закупорке тонких пор, а также

вследствие плохой смачиваемости частицы угольного шлама образуют флокулы более крупного размера, чем исходный уголь, что также затрудняет контакт реагента с углем.

Это также подтвердилось изучением электропроводности угольной пульпы. Известно, что при контакте угольных частиц с водой в ней растворяются минеральные примеси, содержащиеся в угле, что несколько увеличивает электропроводность пульпы.

Однако электропроводность пульпы с измельченной пробой угля, определенной нами с помощью анализатора жидкости АНИОН 4100 снизилась с 156,3 до 121 мкСм/см по сравнению с исходным углем, что также подтверждает, флокуляцию и плохую смачиваемость угольных шламов.

Таким образом, в работе нами изучены физико-химические свойства тонкодисперсных угольных шламов ООО «ММК-УГОЛЬ».

Определены технический и ситовый анализ исходного угля, изучен гранулометрический состав угольного шлама, удельная поверхность, его адсорбционная способность и электропроводность водных пульп угольных шламов, содержащих различное количество тонкодисперсных частиц.

Установленные закономерности физико-химических свойств тонкодисперсных угольных шламов позволили наметить дальнейшие исследование, которые направлены на совершенствование процесса обогащения угля.

#### Библиографический список

1. Rheology measurements for flotation slurries with high clay contents. A Critical review Cruz, Nestor, Peng, Yongjun. MINERALS ENGINEERING. p.: 137-150.
2. Complementary analyses of infrared transmission and diffuse reflection spectra of macerals in low-rank coal and application in triboelectrostatic enrichment of active maceral. He, Xin, Zhang, Xinxi, Jiao, Yang and other. FUEL Vol.: 192. P.: 93-101.
3. The result of surfactants on froth flotation of unburned carbon from coal fly ash Zhou, Feng, Yan, Chunjie, Wang, Hongquan and other. FUEL Vol.: 190. P.: 182-188.
4. Increasing the Useful Heating Value of Coal Using a Physico-Chemical Process. Aghazadeh, Sajjad, Gharabaghi, Mahdi, Azadmehr, Amirreza. INTERNATIONAL JOURNAL OF COAL PREPARATION AND UTILIZATION Vol.: 36 P.: 175-191.
5. Study interactions between fine particles and micron size bubbles generated by hydrodynamic cavitation. Li Haipeng, Afacan, Artin, Liu, Qingxia and other. MINERALS ENGINEERING Vol.: 84 P.: 106-115.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА И АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ НА ПРИМЕРЕ ПРОФЕССИИ СЛЕСАРЯ-САНТЕХНИКА

Латыпова Р.У. (ТБЖб-14)\*

Цель работы: выявить различия АРМ и СОУТ. Как АРМ и СОУТ будет оцениваться по профессии слесаря-сантехника организации «ЖРЭУ №3» г. Магнитогорск. Рассмотреть факторы, которые воздействуют на работника.

Общая оценка условий труда по профессии слесаря-сантехника

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	СОУТ	АРМ
Химический	2	–
Биологический	–	3.2
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	2	2
Шум	3.1	2
Вибрация локальная	2	–
Параметры микроклимата	–	3.2
Параметры световой среды	3.1	3.2
Тяжесть трудового процесса	3.2	3.1
Напряженность трудового процесса	2	2
Итоговый класс (подкласс) условий труда	3.2	3.3

В данной таблице указаны факторы, которые оценивались. В таблицу не занесены инфразвук, ультразвук, вибрация общая, неионизирующие излучение, ионизирующие излучение, т.к. негативного воздействия не было выявлено по данной профессии. Применение Классификатора ВОПФ в Методике проведения СОУТ привело к уменьшению объема исследований, и как следствие улучшились показатели условий труда в отчетных документах. Что мы и видим в нашей таблице.

---

\* Работа выполнена под руководством Старостиной Н.Н.

## Библиографический список

1. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ.
2. Графкина М.В. Охрана труда и производственная безопасность. Учебник. М.: Проспект, 2012. 197 с.

УДК 519.624.3

### АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА СО СМЕШАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Максименко И.А. (ТПМм-16)\*

Рассмотрим дискретный полуограниченный оператор  $L$ , заданный в сепарабельном гильбертовом пространстве  $H$  с областью определения  $D_L \subset H$ . Обозначим  $\Gamma$  границу области  $D_L$ . Если  $L$  является дифференциальным оператором, то собственные значения  $\mu$  определяются при нахождении нетривиальных решений дифференциального уравнения

$$Lu = \mu u, \quad (1)$$

удовлетворяющие однородным граничным условиям

$$Gu|_{\Gamma} = 0. \quad (2)$$

Для их вычисления воспользуемся методом Галеркина. Введем последовательность  $\{H_n\}_{n=1}^{\infty}$  конечномерных пространств  $H_n \subseteq H$ , которая полна в  $H$ . Пусть ортонормированный базис пространства  $H_n$  известен, и состоит из системы функций  $\{\varphi_k\}_{k=1}^n$ . При этом функции  $\varphi_k$  должны удовлетворять граничным условиям (2). Следуя методу Галеркина, приближенное решение спектральной задачи (1), (2) будем искать в виде  $u_n = \sum_{k=1}^n a_k(n)\varphi_k$ .

Теорема 1. Пусть  $L$  дискретный полуограниченный оператор, действующий в сепарабельном гильбертовом пространстве  $H$ . Если система координатных функций  $\{\varphi_k\}_{k=1}^n$  является ортонормированным базисом  $H$ , то метод Галеркина в применении к задаче отыскания собственных значений спектральной задачи (1), (2), построенный на этой системе функций, сходится.

---

\* Работа выполнена под руководством Кадченко С.И.

Теорема 2. Пусть  $L$  дискретный полуограниченный оператор, действующий в сепарабельном гильбертовом пространстве  $H$ . Если система координатных функций  $\{\varphi_k\}_{k=1}^n$  является ортонормированным базисом  $H$  и удовлетворяет однородным граничным условиям спектральной задачи (1), (2), то собственные значения  $\mu_k$  оператора  $L$  находится по формулам [31]

$$\mu_k = (L\varphi_k, \varphi_k), \forall k \in N \quad (3)$$

Рассмотрим спектральную задачу Штурма-Лиувилля

$$\begin{aligned} Lu = p_0(s)u^{(IV)} + p_1(s)u''' + p_2(s)u'' + p_3(s)u' + \\ + p_4(s)u = \mu u, \\ 0 < s < 1 \\ u(0) = u'(0) = 0, \\ u(1) = u'(1) = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь функции  $[p_0(s)]^{-1}, p_j(s), j = \overline{1,4}$  непрерывные в  $L_2[0,1]$ .

Пусть система функций  $\{\varphi_k(s)\}_{k=1}^\infty$  является ортонормированным базисом пространства  $L_2[0,1]$ . Из (3) найдем

$$\mu_k = \int_0^1 [p_0(s)\varphi_k^{(4)}(s) + p_1(s)\varphi_k'''(s) + p_2(s)\varphi_k''(s) + p_3(s)\varphi_k'(s) + p_4(s)\varphi_k(s)] \varphi_k(s) ds, \quad k \in N. \quad (5)$$

Изучим спектральную задачу Штурма-Лиувилля

$$\begin{aligned} u^{(4)}(s) = \lambda u(s), \quad 0 < s < 1 \\ u'(0) = 0, u'(1) = 0, \\ u''(0) = 0, u''(1) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Для построения системы координатных функций  $\{\varphi_k\}_{k=1}^\infty$ , найдем собственные значения и собственные функции данной спектральной задачи.

Собственные значения  $\lambda_k$  спектральной задачи являются корнями трансцендентного уравнения

$$1 - \operatorname{ch}(q_k)\cos(q_k) = 0, \quad \lambda_k = q_k^4, \quad k \in N \quad (7)$$

Собственные функции имеют вид

$$\begin{aligned} u_k = C_k \{ \operatorname{sh}(q_k)\cos(q_k s) - \operatorname{sh}(q_k s)\cos(q_k) \\ + \operatorname{ch}(q_k s)\sin(q_k)\operatorname{ch}(q_k)\sin(q_k s) - \operatorname{sh}[q_k(1-s)] \\ - \sin[q_k(1-s)] \} \end{aligned}$$

Постоянные  $C_k$  находятся из условия нормировки.

В дальнейшем в качестве системы координатных функций будем использовать систему  $\{u_k(s)\}_{k=1}^{K_s}$ . Тогда формулу (4) запишем

$$\mu_k = \int_0^1 [p_0(s)u_k^{(4)}(s) + p_1(s)u_k'''(s) + p_2(s)u_k''(s) + p_3(s)u_k'(s) + p_4(s)u_k(s)] u_k(s) ds, \quad k \in K_s.$$

Далее вычислим собственные значения спектральной задачи.

$$\int_0^1 [p_4(s)u_k(s)]u_k(s)ds = \mu_k - \int_0^1 [p_0(s)u_k^{(4)}(s) + p_1(s)u_k'''(s) + p_2(s)u_k''(s) + p_3(s)u_k'(s)]u_k(s)ds$$

Построим уравнение Фредгольма первого рода

$$\int_0^1 K(x, s)p_4(s)ds = f(x), \quad c \leq x \leq d, \quad (8)$$

где  $f(x)$  и  $K(x, s)$  такие, что

$$f(x_k) = \mu_k - \int_0^1 [p_0(s)u_k^{(4)}(s) + p_1(s)u_k'''(s) + p_2(s)u_k''(s) + p_3(s)u_k'(s)]u_k(s)ds$$

$$x_k = \mu_k, \quad K(x_k, s) = u_k^2(s), \quad k = \overline{1, K_s}.$$

Решение интегрального уравнения Фредгольма является некорректно поставленной задачей. Ее приближенное решение могут быть найдены классическими методами, например, методом регуляризации Н.А. Тихонова.

#### Библиографический список

1. Кадченко А.И., Кадченко С.И., Закирова Г.А., Рязанова Л.С. Численный метод решения обратных спектральных задач, порожденных дискретными полуограниченными снизу операторами. Уфимская международная математическая конференция: сборник тезисов (г. Уфа, 27-30 сентября 2016 г.). Отв. ред. Р.Н. Гарифуллин. Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. С. 71-72.
2. Кадченко С.И., Рязанова Л.С. Численный метод нахождения собственных значений дискретных полуограниченных снизу операторов. Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование», 2011. № 17 (234), вып. 8. С. 46-51.
3. Кадченко С.И. Численный метод решения обратных задач, порожденных возмущенными самосопряженными операторами. Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование», 2013. Т.6, № 4. С. 5-25.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ НА ПРОЕКТИВНОЙ ПЛОСКОСТИ

Морозов И.Е. (ФПМб-15)\*

Рассмотрим построение математической модели волнового уравнения в сферическом пространстве. При этом сферу отождествим с проективной плоскостью путём склеивания полюсов. Проанализируем следующее уравнение

$$u_{tt} = a^2 u_{xx}, \quad (1)$$

$$0 \leq x \leq l, \quad 0 \leq t \leq T$$

при граничных условиях

$$u(0, t) = 0, \quad u(l, t) = 0 \quad (2)$$

и начальных условиях

$$u(x, 0) = f(x), \quad u_t(x, 0) = h(x). \quad (3)$$

Здесь  $T$  является константой.

Для того чтобы отыскать решение назначенной задачи будем оперировать методом разделения переменных (метод Фурье).

Будем искать ненулевые решения вышеприведённого равенства (1) удовлетворяющие граничным условиям (2), в виде  $u(x, t) = X(x)T(t)$ ,

Благодаря подстановке данного выражения в уравнение (1), мы придём к следующему соотношению

$$\frac{T''(t)}{a^2 T(t)} = \frac{X''(x)}{X(x)}. \quad (4)$$

Вследствие того, что левая часть равенства (4) интерпретируется, как функция одной свободной переменной, а правая – другой, следовательно, и правая, и левая части уравнения равны некоторой константе.

Два последующих равенства, получим при обозначении её  $(-\lambda)$ ,

$$T''(t) + \lambda a^2 T(t) = 0, \quad (5)$$

$$X''(x) + \lambda X(x) = 0 \quad (6)$$

Непосредственно, из соотношений (2) следует, что должно выполняться условие

$$X(0) = 0, X(l) = 0 \quad (7)$$

---

\* Работа выполнена под руководством Торшиной О.А.

Следственно, необходимо решить задачу Штурма-Лиувилля (6) - (7). Только при  $\lambda > 0$  можно получить отличное от нуля решение. При этом

$$X(x) = C_1 \cos(\sqrt{\lambda}x) + C_2 \sin(\sqrt{\lambda}x)$$

Здесь  $C_1, C_2$  – произвольные постоянные.

Беря во внимание граничные условия (7), получим

$$\begin{cases} C_1 * 1 + C_2 * 0 = 1, \\ C_1 \cos(\sqrt{\lambda}l) + C_2 \sin(\sqrt{\lambda}l) = 0, \end{cases}$$

то есть  $C_1 = 0$  и

$$C_2 \sin(\sqrt{\lambda}l) = 0.$$

$C_2$  не равно нулю, так как решение  $X(x)$  должно быть ненулевым, поэтому  $\sin(\sqrt{\lambda}l) = 0$ , так что  $\sqrt{\lambda} = \left(\frac{\pi}{l}\right)^2$

Им соответствуют собственные функции

$$X_n(x) = \sin\left(\frac{\pi n}{l}x\right).$$

При  $\lambda = \lambda_n$  уравнение (5) имеет решение

$$T_n(t) = A_n \cos\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) + B_n \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right),$$

где  $A_n$  и  $B_n$  – произвольные константы.

Функции

$$u_n(x, t) = \left( A_n \cos\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) + B_n \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) \right) \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right)$$

Удовлетворяют уравнению (1) и граничным условиям (2).

В форме ряда отыщем решение для задачи (1) – (3)

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( A_n \cos\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) + B_n \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) \right) \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right). \quad (8)$$

Теперь найдём от данного ряда производную по времени

$$u_t(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\pi n a}{l} t \left( -A_n \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) + B_n \cos\left(\frac{\pi n a}{l}t\right) \right) \sin\left(\frac{\pi n a}{l}t\right). \quad (9)$$

Вид, принимаемый равенствами (8) и (9) при  $t = 0$  и с учетом начальных условий (3), будет такого типа:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin\left(\frac{\pi n}{l}x\right), \quad h(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\pi n a}{l} B_n \sin\left(\frac{\pi n}{l}x\right).$$

Поэтому получим следующие формулы записи  $A_n$  и  $B_n$

$$A_n = \frac{1}{l} \int_0^l f(x) \sin\left(\frac{\pi n}{l}x\right) dx, \quad B_n = \frac{2}{\pi n a} \int_0^l h(x) \sin\left(\frac{\pi n}{l}x\right) dx.$$

Опробуем полученные знания на конкретном примере. Найдём решение первой смешанной задачи для волнового уравнения на отрезке:

$$u_{tt} = \frac{1}{9} u_{xx},$$

$$0 \leq x \leq 2, 0 \leq t \leq T,$$

$$u(x, t) = x(x-2), u_t(x, 0) = 0,$$

$$u(0, t) = 0, u(2, t) = 0.$$

В данной задаче  $a = \frac{1}{3}$ ,  $l = 2$ ,  $f(x) = x(x-2)$ ,  $h(x) = 0$ . Решение (8) принимает вид

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( A_n \cos\left(\frac{\pi n}{2} \frac{1}{3} t\right) + B_n \sin\left(\frac{\pi n}{2} \frac{1}{3} t\right) \right) \sin\left(\frac{\pi n}{2} x\right),$$

где коэффициенты  $A_n$  и  $B_n$  непосредственно равны:

$$A_n = \int_0^2 f(x) \sin\left(\frac{\pi n}{2} x\right) dx, \quad (10)$$

$$B_n = \frac{6}{\pi n} \int_0^2 h(x) \sin\left(\frac{\pi n}{2} x\right) dx. \quad (11)$$

Так как  $h(x) = 0$ , из формулы (11) вытекает следующее умозаключение, что  $B_n = 0$ .

Из формулы (10) найдем  $A_n$ :

$$A_n = \int_0^2 x(x-2) \sin\left(\frac{\pi n}{2} x\right) dx.$$

Дважды проинтегрировав по частям, приобретаем

$$A_n = \frac{16}{(\pi n)^3} \left( (-1)^n - 1 \right) = \begin{cases} 0, & n = 2k \\ -\frac{32}{(\pi n)^3}, & n = 2k + 1. \end{cases}$$

Здесь  $k = 0, 1, 2, \dots$

В итоге придём к такого рода решению:

$$u(x, t) = -\frac{32}{(\pi n)^3} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{(2k+1)^3} \cos\left(\frac{(2k+1)\pi}{6} t\right) \sin\left(\frac{(2k+1)\pi}{2} x\right).$$

Разработанная модель и вычислительный алгоритм, реализованный в среде Maple, позволяет провести вычислительные эксперименты по численному исследованию процесса.

## **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ-ВСПЕНИВАТЕЛЕЙ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРОЙ И ЭЛЕМЕНТНЫМ СОСТАВОМ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ КОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ**

Потапова Ю.С. (ТХб-14), Яковлев С.В. (ТХб-15)

В работе были проведены исследования влияния флотационной активности технических продуктов нефтепереработки в качестве реагентов-собираателей и реагентов-вспенивателей при флотации угольной мелочи. В качестве исходных продуктов в лабораторных условиях было изучено исходное питание ЦОФ «Беловская» ПАО «ММК-УГОЛЬ» с зольностью 19,4 %.

В качестве реагентов-вспенивателей были выбраны: «Флотек», «2-этилгексанол», «Оксаль Т-92», «Кубовые остатки производства бутиловых спиртов (КОБС)».

В качестве реагента собирателя был выбран «Флотек», который используется на ЦОФ «Беловская» ПАО «ММК-УГОЛЬ».

В результате исследований ситового состава исходного питания ЦОФ «Беловская» можно сделать вывод о том, что минеральные частицы неравномерно распределены по классам крупности угля. Наибольшее количество минеральных примесей содержит класс -0,05 мм, зольность которого равна 36,0 %. Наименьшую зольность 12,0% содержит класс крупности +0,25 мм.

Выбранные для исследования реагенты-вспениватели отличаются по групповому химическому составу и физико-химическим свойствам:

- «КОБС» содержит в основном спирты C<sub>8</sub> алифатического строения, ацетали C<sub>12</sub>-C<sub>16</sub> и простые эфиры C<sub>12</sub>-C<sub>16</sub>.

- «Флотек» - это многокомпонентная смесь спиртов, углеводов и добавок.

- в реагенте-вспенивателе «Оксаль Т-92» в преобладающем количестве содержатся диоксаны спирты и эфиры и незначительное количество алифатических спиртов.

Исследованием флотиремости угольной мелочи ООО «ММК-УГОЛЬ» было установлено, что при равном расходе вспенивателя 0,3 кг/т лучшие показатели по эффективности и селективности действия проявляет 2-этилгексанол. Использование данного реагента-вспенивателя позволяет повысить выход концентрата с 64,8 % до 77,2 %, а при использовании реагента-вспенивателя «Оксаль Т-92» до 74,8 %.

Самые низкие показатели установлены при использовании в качестве реагента-вспенивателя «Флотек», выход концентрата составил 64,8 % с зольностью 5,3 %. При этом извлечение горючей массы в концентрат составляет 76,2 %.

При увеличении расхода вспенивателя с 0,3 до 0,36 кг/т происходит увеличение выхода концентрата при незначительном снижении селективности процесса флотации. При использовании «Оксаль Т-92» выход концентрата увеличивается с 74,8 до 78 %, зольность отходов увеличилась с 56,3 до 59,2 %.

При равном выходе концентрата его зольность повысилась с 6,3-7.1 до 7.9-8.3, что объясняется возможностью адсорбции избыточным количеством вспенивателя на минеральном компоненте с их гидрофобизацией и переводом их в концентрат. Однако также подтверждается, что применение 2-этилгексанола позволяет повысить селективность. Зольность концентрата снижается с 8.3 до 7.9, коэффициент селективности улучшается с 0,771 до 0,779.

Но так как 2-этилгексанол чистое химическое соединение, и он дефицитен, поэтому в дальнейших исследованиях использовали реагент-вспениватель «Оксаль Т-92».

Установлено, что при равном расходе вспенивателя 0,1 кг/т использование вспенивателя «Оксаль Т-92» позволило повысить выход концентрата с 65,6 % до 84,2 %, а при расходе 0,32кг/т с 77,5 % до 85,4 %, т.е. на 18,6 % по сравнению с использованием реагента-вспенивателя «Флотек».

При этом зольность отходов при использовании в качестве реагента-вспенивателя «Оксаль Т-92» увеличивается с 44,6 % - 75,4 % до 63,8 - 80,1 % в зависимости от расхода реагента-вспенивателя.

Для улучшения показателей флотации угольной мелочи ЦОФ «Беловская» рекомендуется применять в качестве реагента-вспенивателя «Оксаль Т-92».

Применение нового реагента-вспенивателя «Оксаль Т-92» вместо используемого на фабрике ЦОФ «Беловская» реагента-вспенивателя «Флотек» позволяет:

- 1) повысить извлечение горючей массы в концентрат;
- 2) снизить потери ОМУ с отходами;
- 3) повысить зольность отходов на 20-30 %;
- 4) снизить расход реагента-собиравателя на 20 % с получением равных показателей флотации углей.

#### Библиографический список

1. Petukhov V.N., Cubak D.A. Development reagent regime flotation of coal slurries based on the study of the flotation activity of pure chemical

- compounds. Coll. Abstracts VIII Congress of CIS countries dressers. 2011. S. 23-25.
2. Klein M.S., Baichenko A.A. The effect of viscosity apolar reagents floatability large particles. Bulletin of the Kuzbass state. tehn. Univ. 2001. № 1. P. 93-96.
  3. Deberdeev I.H., Pikkat-Ordynskiy G.A., Rudanovskaya LA New flotation reagent KETGOL. Coke and Chemistry. 1986. № 11. P. 13-15.
  4. Pushkrev V.V. Physical and chemical characteristics of wastewater treatment by surfactants. 1975, page 111.
  5. Petukhov V.N. Lapina T.M. Development Mode coal flotation reagents, using blowing agents of different chemical composition and molecular structure. Theory and technology of metallurgical production, page 10.

УДК 641.1/3

## **ИЗУЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАТУРАЛЬНОГО ПОДСЛАСТИТЕЛЯ СТЕВИОЛГЛИКОЗИДА**

Прохорова Н.В. (ТСМб-15-3)\*

В настоящее время всё больше людей стараются снизить количество сахара в своём рационе. Существуют разные причины – от эстетических предпочтений до медицинских показаний. Для того чтобы сохранить привычный сладкий вкус блюд, прибегают к использованию подсластителей.

В развитии пищевой индустрии одним из перспективных направлений является создание низкоуглеводных продуктов питания с натуральным подсластителем стевией.

Стевиоловые гликозиды являются естественными компонентами растения *Stevia rebaudiana* Bertoni, которое принадлежит семейству Compositae. Стевиозид и ребаудиозид А - вещества, представляющие основной интерес ввиду их подслащающих свойств. Комитет экспертов Продовольственной и сельскохозяйственной организации в содружестве с Всемирной организацией здравоохранения (далее ФАО/ВОЗ) постановил, что подсластители, получаемые из листьев стевии, должны называться «стевиогликозиды» [1].

Существует два основных способа получения подсластителей, содержащих стевиогликозиды: экстрагирование из измельченных листьев растения стевии (*Stevia rebaudiana* Bertoni) горячей водой или спиртом. Для выделения и очистки продукта используют ионообменные

---

\* Работа выполнена под руководством Белевской И.В.

смолы. Качественный состав подсластителя варьирует в зависимости от состава стевииолидных гликозидов, содержащихся в листьях стевии, на которые оказывают влияние такие факторы, как почва, климат места произрастания, а также особенности проведения процессов экстракции и очистки [1]. Именно этот факт объясняет наличие у подсластителя стевии привкуса, который многие потребители относят к его недостаткам [2].

Экспертами ФАО/ВОЗ всесторонне изучалась токсикологическая безопасность стевииолидных гликозидов как на здоровых людях, так и при питании лиц с сахарным диабетом 2-го типа и лиц с нормальным или низким уровнем артериального давления. В результате проведенных исследований был установлен рекомендованный безопасный уровень допустимой суточной дозы (ДСД) данного подсластителя – 4 мг/кг [1].

В нашей стране стевииолидные гликозиды входят в перечень разрешенных пищевых добавок в качестве подсластителя, имеют обозначение E960. Применяются в технологии безалкогольных и алкогольных напитков различного состава, в том числе на основе молока, в хлебобулочных, кондитерских изделиях, фруктовых наполнителях, кисломолочных продуктах и мороженом, при изготовлении консервированных фруктов и ягод, соусов и кремов. При этом могут использоваться как стевииолидные гликозиды, так и порошок листьев стевии и сироп из них, экстракты стевии. Дозировка подсластителя осуществляется согласно требованиям технической документации. Но нужно учитывать, что листья стевии слаще сахара примерно в 10-30 раз, а стевииолидные гликозиды – в 100-300 [2].

Исследования метаболизма стевииолидных гликозидов проводились Комитетом экспертов ФАО/ВОЗ *in vitro*, а также на крысах и на людях добровольцах. Проведенные испытания показали, что стевииозид и ребаудиозид А плохо всасываются после перорального введения, но они гидролизуются микрофлорой кишечника в стевииол, который хорошо всасывается. После абсорбции стевииол метаболизируется до нескольких метаболитов, при этом основным метаболитом является глюкуронид стевииола. У людей глюкуронид стевииола выводится с мочой [1].

Интересна оценка воздействия подсластителя стевии на питание. Некоторые популярные диеты, направленные на снижение веса, приписывают стевии чудесные свойства [2]. Однако эксперты ФАО/ВОЗ отмечают, что достигаемый эффект заменой сахара на стевиию обманчив, так как не весь сахар, содержащийся в пищевых продуктах, возможно заменить подсластителем.

Диетическое воздействие стевииолидных гликозидов оценивали при полной замене этим подсластителем сахара в суточном рационе. Анализировали рацион разных групп людей, предполагая при этом максимальное употребление сладких продуктов, таких как ароматизированные напитки, сухие завтраки, ароматизированные и/или

ферментированные молочные продукты, обработанные фрукты и овощи. В результате превышение рекомендованной безопасной зоны наблюдалось только в рационе детей в возрасте от 2 до 6 лет – 4,4 мг/кг, и детей в возрасте от 5 до 14 лет – 4 мг/кг (110 и 100 % ДСД соответственно). Для других возрастных групп ДСД не превышалось. Учитывая консервативный характер оценки воздействия на питание, основанной на максимальных уровнях употребления всех возможных пищевых продуктов с подсластителем, указывается, что вряд ли стевииолгликозиды могут представлять угрозу для здоровья людей из любой возрастной группы.

Таким образом, на сегодняшний день имеются достоверные научные данные, однозначно свидетельствующие о безопасности подсластителя стевииолгликозидов E960. Этот подсластитель может быть без опасений рекомендован в качестве замены сахара (а при необходимости и других известных интенсивных подсластителей) для сохранения сладости продуктов.

#### Библиографический список

1. Оценка некоторых пищевых добавок: восемьдесят второй доклад Объединенного комитета экспертов ФАО/ВОЗ по пищевым добавкам, 2016 год. <http://apps.who.int>.
2. Стевия. <https://stevita.ru/article>.
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» Электронный документ: официальный сайт Комиссии Таможенного союза <http://www.eurasiancommission.org>.

УДК 517.43

### **АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ НОРМИРОВАННЫХ СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ ОПЕРАТОРА ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ**

Путенихина А.С. (ТПММ-17-1)

Пусть  $C_{[0,1]}^+$  совокупность всех непрерывных на сегменте  $[0,1]$  функций  $\rho(x)$ , удовлетворяющих условию [1].

$$0 < m \leq \rho(x) \leq M \leq \infty. \quad (1)$$

В множестве  $C_{[0,1]}^+$  введем обычную  $C$ -метрику [3] и будем в дальнейшем называть функции, принадлежащие классу  $C_{[0,1]}^+$ , весовыми. Рассмотрим спектральную задачу

$$-y''(x) = \lambda \rho(x)y(x) \quad (0 < x < 1); \quad (2)$$

$$y(0) = y(1) = 0; \quad (3)$$

$$\int_0^1 \rho(x)|y(x)|^p dx = 1. \quad (4)$$

При сделанных предположениях спектр задачи (2) - (4) дискретен, собственные числа  $\lambda_k$  ( $k=1,2,\dots$ ) положительные и каждому из них соответствует одна собственная функция  $u_k(x)$ . Предположим, что  $\rho(x) \in C_{[0,1]}^2$  и  $p=2$ . Совокупность всех ортонормированных собственных функций спектральной задачи (2) - (4) равномерно ограничена, т.е. справедлива оценка

$$\sup_n \max_{0 \leq x \leq 1} |u_n(x, \rho)| \leq C_0. \quad (5)$$

В классе весовых функций  $C_{[0,1]}^+$  оценка (5), вообще говоря, не имеет места[2]. Пусть  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \dots)$  последовательность положительных чисел, стремящихся к нулю при  $n \rightarrow \infty$ . Установлена справедливость следующих утверждений [4]:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\|u_n(x, \rho)\|_{C_{[0,1]}}}{(\lambda_n(\rho))^{1/2p}} = 0 \text{ для любой } \rho(x) \in C_{[0,1]}^+;$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\|u_n(x, \rho_0)\|_{C_{[0,1]}}}{(\alpha_n \lambda_n^{1/2p}(\rho_0))} = \infty.$$

Естественным образом возникает задача изучения асимптотических свойств собственных функций спектральной задачи (2) - (4) в зависимости от гладкости весовой функции, в частности, если в каждой точке  $x \in [0,1]$  существует производная  $\rho'(x)$ .

Лемма 1. Пусть  $\varepsilon > 0$ ,  $a \in (0,1)$ ,  $\rho_0(x) \in C_{[0,1]}^\infty \cap C_{[0,1]}^+$ ,  $\rho_0(x) \equiv \rho_0(a)$ , если  $x \geq a$ . Тогда последовательность функционалов  $\Phi_n(\rho)$  ( $n=1,2,\dots$ ) не является равномерно ограниченной на множестве весовых функций  $\rho(x) \in S(\rho_0, \varepsilon)$ , удовлетворяющих условию  $\rho(x) \equiv \rho_0(x)$  при  $x \leq a$ .

Без ограничения общности можно считать функцию  $\rho_0(x)$  (центр исходного шара в  $C_{[0,1]}^+$ ) бесконечно дифференцируемой. Существует  $a_0 > 0$  такое, что  $\rho_0(x) \equiv \rho_0(a_0)$  при  $x \geq a_0$ .

Возьмем произвольную последовательность чисел  $C_i$ , удовлетворяющих условиям:

$$0 < C_1 < C_2 < \dots < C_n < \dots, \quad \lim C_i = \infty (i \rightarrow \infty).$$

В силу леммы 1, по произвольному числу  $b_0 \in (a_0, 1)$  можно найти функцию  $q_1(x) \in S(\rho_0, \frac{\varepsilon_0}{2})$ , где  $\varepsilon_0 > 0$  - радиус исходного шара, удовлетворяющую условию  $q_1(x) \equiv \rho_0(x)$  при  $x < b_0$  и номер  $n_1$  такой, что  $\Phi_{n_1}(q_1) > C_1$ .

В силу непрерывности функционала  $\Phi_{n_1}(\rho)$  в точке  $\rho = q_1$  существует число  $\sigma_1 > 0$  такое, что  $\Phi_{n_1}(\rho) > C_1$  для всех  $\rho(x) \in S(q_1, \sigma_1) \cap C_{[0,1]}^+$ .

Возьмем число  $\varepsilon_1 \in (0, \min(\frac{\sigma_1}{2}, \frac{\varepsilon_0}{4}))$  и, полагая  $\varepsilon = \varepsilon_1$ ,  $a = a_0$ ,  $b = b_0$ ,  $q(x) \equiv q_1(x)$ , найдем число  $r_0 \in (b_0, 1)$  и построим функцию  $\rho_1(x) \in C_{[0,1]}^\infty$ , удовлетворяющую условиям  $\rho_1(x) \equiv q_1(x)$  при  $x \leq a_0$ ,  $\rho_1(x) \equiv q_1(a_1)$  при  $x > a_1$  и  $\rho_1(x) \in S(q_1, \varepsilon_1)$ .

Заметим, что  $\rho_1(x) \equiv q_1(x) \equiv \rho_0(x)$  при  $x \leq a_0$ .

Так как  $\varepsilon_1 < \frac{\sigma_1}{2}$  ( $\varepsilon_1 < \frac{\varepsilon_0}{4}$ ) и  $\rho_1(x) \in S(q_1, \varepsilon_1)$ , то

$$(S(\rho_1, \varepsilon_1) \subset S(q_1, \sigma_1), \quad S(\rho_1, \varepsilon_1) \subset S(q_1, \frac{\varepsilon_0}{2})).$$

По построению  $q_1 \in S(\rho_0, \frac{\varepsilon_0}{2})$ , следовательно,

$$S(q_1, \frac{\varepsilon_0}{2}) \subset S(\rho_0, \varepsilon_0), \quad \text{поэтому } S(\rho_1, \varepsilon_1) \subset S(\rho_0, \varepsilon_0).$$

Теорема 1. Имеют место следующие утверждения:

- 1) Пусть  $\rho(x) \in C_{[0,1]}^\infty$ , тогда  $\lim \frac{\|u_n(x, \rho)\|_{C_{[0,1]}}}{[\lambda_n(\rho)]^{1/2p}} = 0 \quad (n \rightarrow \infty)$ .

2) Пусть  $\rho(x) \in C_{[0,1]}^\infty$ , тогда в любой  $C$ -окрестности  $\rho(x)$  существует весовая функция  $\rho_0(x, \alpha) \in C_{[0,1]}^+ \cap C_{[0,1]}^\infty$  такая, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\|u_n(x, \rho_0)\|_{C_{[0,1]}}}{(\alpha_n \lambda_n^{1/2p}(\rho_0))} = \infty$$

УДК 331.452

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОТБОРА КОНТИНГЕНТА СОТРУДНИКОВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛОЖНЫХ РАБОТ В УДАЛЕННЫХ ТРУДОВЫХ ЗОНАХ**

Саутина Е.Д. (ТБЖБ-14)\*

Вахтовый метод производства работ является одной из форм организации труда. Под вахтовым методом понимается особая форма осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение к месту постоянного проживания, при этом персонал в период пребывания на объектах проживает в специально создаваемых вахтовых поселках.

В настоящее время вахтовый метод является одной из самых тяжелых форм организации труда, так как негативно влияет на физиологическое и психическое здоровье людей, а также характеризуется наличием большого количества несчастных случаев и аварий.

К основным факторам риска для здоровья людей можно отнести:

- негативные географо-климатические условия;
- перемещения работников вахты с пересечением часовых поясов и климатических зон;
- слабость социального обеспечения и отсутствие развитой социальной инфраструктуры;
- нарушение суточного ритма труда и повышенная интенсивность труда;
- замкнутое пространство предоставляемого работодателем места проживания и ограниченное пространство рабочего места;
- длительность вахты;
- отрыв от дома и семьи.

---

\* Работа выполнена под руководством Бобровой О.Б.

Вышеперечисленные факторы приводят к постоянному напряжению и перестройке адаптационных систем организма и влияют на состояние здоровья и работоспособность. У работающих через определенное время начинают проявляться симптомы эмоционального «выгорания», раздражительности, нетерпимости, что приводит к снижению рабочей продуктивности. Также человек переживает постоянное ощущение ответственности, необходимости быть готовым действовать в сложных, аварийных ситуациях, что также способствует истощению психологических ресурсов организма.

Из вышеперечисленного следует, что, для того, чтобы обеспечить эффективное и безопасное производство работ, необходимо разработать систему грамотного отбора сотрудников, отвечающих требованиям хорошего состояния здоровья, перспектив его сохранения, высокой стрессоустойчивости, с целью снижения уровня профессиональных рисков при выполнении сложных работ в удаленных трудовых зонах.

Процедура профессионального отбора вахтового персонала складывается из трех основных составляющих:

- медицинского (медико-физиологического) отбора;
- компетентностного отбора;
- психологического отбора.

Основной проблемой системы отбора контингента сотрудников для выполнения сложных работ в удаленных трудовых зонах является ее неэффективность, вследствие малой популярности ее применения в организациях, специализирующихся на вахтовых формах труда.

Данная проблема актуальна в настоящее время, т.к. является основной причиной возникновения заболеваний персонала и большого количества профессиональных рисков при выполнении вахтовых работ. Это, в свою очередь, приводит к снижению производительности труда и «текучке» вахтовых работников в организациях.

Основными факторами, оказывающими влияние на неэффективность системы отбора персонала для работы вахтовым методом, являются:

- Экономические (большие издержки, тенденции экономического развития, недостаток финансовых ресурсов);
- Социальные (ситуация на рынке труда, демографические факторы, нехватка и текучесть кадров, недостаточная квалификация персонала);
- Методологические (отсутствие единых методик отбора или их неэффективность, использование ненадежных методов, научно-технический прогресс);
- Природно-климатические (наличие экстремальных условий окружающей среды в районах производственной деятельности);

– Правовые (трудовое законодательство, законодательство в области охраны труда, занятости, социальные гарантии; несовершенство нормативно-правовой базы);

– Организационные (стиль управления организации и стиль руководства; степень открытости кадровой политики организации).

Все вышеперечисленные факторы необходимо учитывать при формировании кадровой политики на предприятиях, и в частности, при разработке эффективной системы отбора контингента сотрудников для выполнения сложных работ в удаленных трудовых зонах. Проблемы управления персоналом при вахтовом методе имеют специфичный характер и не могут быть решены в рамках традиционных методов. Возможные решения проблем:

– проведение анализа ситуации, подготовки прогнозов развития предприятия, определение стратегических целей организации;

– разработка и совершенствование нормативных документов на федеральном, региональном и местном законодательных уровнях;

– создание и внедрение единых методик психологического отбора;

– оценка финансовых ресурсов предприятия и максимально возможное сокращение издержек;

– отбор и обучение ответственных исполнителей.

Таким образом, грамотная методика отбора персонала позволит снизить уровни профессиональных рисков вахтовых методов работ, уменьшить или исключить социальную напряженность в рабочих коллективах, снизить негативное воздействие на здоровье вахтовых работников. Это, в свою очередь, позволит минимизировать издержки на обучение, адаптацию и содержание вахтового персонала, а также снизить расходы на ликвидацию аварий, возникающих вследствие человеческого фактора.

#### Библиографический список

1. Симонова Н.Н. Адаптация к работе вахтовым методом в экстремальных условиях Крайнего Севера: учеб. Пособие. Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: ИД САФУ, 2014. 170 с.
2. Павлова Н.М., Иванова М.В., Волохина А.Т., Глебова Е.В. Подбор психодиагностических методик для оценки профессионально важных качеств руководителей и специалистов ООО «Газпром Трансгаз Самара». Безопасность жизнедеятельности. 2012. №1. С. 20-24.

## **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ В НОВОЙ ВЕРСИИ СТАНДАРТА ГОСТ Р ИСО 9001-2015**

Сергеева Ю.А. (ТСМм-17)\*

Стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2015 определяет требования к системе менеджмента качества на предприятии. Система менеджмента качества является частью общей системы управления организацией, обеспечивающей стабильно высокий уровень качества производимой продукции и оказываемых услуг.

Организация, система менеджмента качества которой сертифицирована на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001, более конкурентоспособна и имеет ряд преимуществ на рынке. Такими преимуществами являются: получение льготных условия кредитования; повышение лояльности к компании со стороны властных структур, партнеров и клиентов; предоставление товаров и услуг лучшего качества.

В сентябре 2015 года была принята пятая версия стандарта ISO 9001 Международной организацией по стандартизации (ISO), для реализации требований, подготовку и переход к которой организациям даётся 3 года. С сентября 2018 года прекращают действие стандарты ISO 9001:2008 и 9001:2011, после чего организации смогут сертифицироваться только по новой версии стандарта.

Исходя из этого, в работе был проведён анализ требований в новой версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Изменения в новой версии стандарта можно условно разделить на новые требования и изменённые требования [1].

Рассмотрим новые требования, которые появились в стандарте. «Понимание организации и её среды» является новым требованием, для выполнения которого организациям необходимо провести анализ внешней и внутренней среды. В ходе выполнения анализа организации должны принимать во внимание все факторы, которые могут повлиять на систему менеджмента качества.

Пункт «Понимание потребностей и ожиданий заинтересованных сторон» – это также новое требование, требующее определить заинтересованные стороны, решения которых оказывают влияние на СМК или которые зависят от решений организации. К заинтересованным сторонам можно отнести клиентов, собственников, инвесторов, персонал, поставщиков, партнеров, общество, государственные организации, осуществляющие надзор и контроль.

---

\* Работа выполнена под руководством Бережной Г.А.

Определение области применения СМК. Для определения области применения СМК необходимо принять во внимание контекст организации, требования заинтересованных сторон, а также выпускаемую организацией продукцию и предоставляемые услуги.

Действия в отношении рисков и возможностей — критическое изменение, которое предусматривает определение рисков и возможностей. Несмотря на то, что стандарт не требуется использование конкретного метода оценки риска, но для поддержания процесса определения рисков и возможностей и планирования действий для реагирования на них, организациям необходимы знания в отношении управления рисками и возможностями [1].

Рассмотрим изменённые требования в ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Пункт «Лидерство» поддался серьёзной корректировке. Роль руководства меняется с пассивной на активную. Также, исключено требование наличия представителя руководства, поскольку ответственность за систему менеджмента качества берет на себя все руководство, демонстрируя своё лидерство.

Цели в области качества и планирование их достижения: при постановке целей и разработке мероприятий по их достижению в новой редакции стандарта достаточное внимание уделяется на совместимость целей в области качества со стратегическим направлением организации.

Пункт «Документированная информация» также претерпел изменения. Термин «документированная информация» введен в стандарт и охватывает известные в настоящее время термины «документ», «запись». Поскольку стандарт не регламентирует использование в СМК единой с ИСО 9001:2015 терминологии, то использование привычной терминологии в организациях может быть продолжено без изменений. Однако, момент перехода – это идеальное обстоятельство для пересмотра документации СМК и ее оптимизации, используя современные технические возможности.

Планирование и управление деятельностью на стадиях жизненного цикла продукции и услуг: для обеспечения производства товаров и оказания услуг в соответствии с требованиями, организация должна определить критерии приемки продукции и услуг, необходимые ресурсы, методы контроля и способ документирования результатов контроля.

Проектирование и разработка продукции и услуг: требования к проектированию и разработке были значительно пересмотрены. Включены дополнительные требования, на которые необходимо обратить особое внимание: планирование, входные и выходные данные, средства управления, управление изменениями, включая действия по предотвращению неблагоприятных воздействий.

Управление процессами, продукцией и услугами, поставляемыми внешними поставщиками. В новой редакции стандарта сделан акцент на

процессах, продукции и услугах, поставляемых внешними поставщиками. Это необходимо организации, чтобы определить тип и объем контроля выполняемых поставщиками процессов и предоставлять им соответствующую информацию.

В пункте «Анализ со стороны руководства» изменения связаны с включением дополнительных входных данных. В ходе анализа должны быть рассмотрены внешние и внутренние факторы, обратная связь от заинтересованных сторон, результаты мониторинга и измерений, результаты деятельности внешних поставщиков, достаточность ресурсов и результативность действий в отношении рисков и возможностей.

В раздел «Улучшение» внесены изменения с включением несоответствий и исключением предупреждающих действий. Идея заключается в том, что благодаря внедрению требования по оценке рисков и возможностей, организация выполняет мероприятия предупреждающего характера для улучшения своей деятельности. Изменения потребуют пересмотра процедур по управлению несоответствиями, корректирующими и предупреждающими действиями [1].

Таким образом, проведя анализ изменений в новой версии стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, можно сделать вывод о том, что организациям, планирующим переход на данный стандарт, предстоит разработать программу перехода и выполнить большой объем работ для реализации требований новой версии стандарта.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования Текст. Москва; Изд-во «Стандартинформ», 2015. 24 с.
2. ГОСТ ISO 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования. Текст. Москва; Изд-во «Стандартинформ», 2011. 26 с.
3. ГОСТ ISO 9000:2011 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь, Текст. Москва; Изд-во «Стандартинформ», 2011. 26 с.
4. ГОСТ ISO 9000:2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. Текст. Москва; Изд-во «Стандартинформ», 2015. 47 с.

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ НЕЙМАНА, ПОРОЖДЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ЛАПЛАСА

Тришкина Е.А. (ФПМб-14)\*

Теория дифференциальных уравнений является одним из самых больших разделов современной математики. Это связано в первую очередь с тем, что дифференциальные уравнения имеют широкую область приложений. Дифференциальные уравнения применяются для исследования физических, химических, технических, биологических, социальных, лингвистических и других процессов и явлений.

Также, в настоящее время, активно развиваются численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных, самым популярными из которых является метод конечных разностей. Актуальность работы обусловлена растущим интересом к изучению дифференциальных уравнений с частными производными и широкой областью приложений таких уравнений.

Постановка задачи

Пусть в плоскости  $Oxy$  задана прямоугольная область

$$\Omega = \{0 \leq x \leq a, 0 \leq y \leq b\}.$$

Требуется найти функцию  $u = u(x, y)$ , удовлетворяющую внутри области  $\Omega$  уравнению Лапласа:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

на границе  $\partial\Omega$  условиям:

$$\begin{aligned} u'_y(0, y) &= f_0(y), & u'_y(a, y) &= f_a(y), \\ u'_x(x, 0) &= \varphi_0(x), & u'_x(x, b) &= \varphi_b(x), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $f_0(y), f_a(y), \varphi_0(x), \varphi_b(x)$  – непрерывные функции по  $x$  и  $y$  соответственно.

Затем область  $\Omega$  покрывается сеткой.

Далее подставим частные производные в уравнение (1) получим конечно-разностную аппроксимацию для уравнения Лапласа:

$$\frac{u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}}{h_y^2} + \frac{u_{i,j+1} - 2u_{i,j} + u_{i,j-1}}{h_x^2} = 0, \quad (3)$$

где  $i = \overline{1, n-1}, j = \overline{1, m-1}, h_x = \frac{a}{n}, h_y = \frac{b}{m}$ ;

---

\* Работа выполнена под руководством Торшиной О.А.

$n$  – число узлов по  $x$ ;

$m$  – число узлов по  $y$ .

Для граничных условий (2) после аппроксимации получаем:

$$\begin{aligned} \frac{u_{0,j+1} - u_{0,j}}{h_y} &= f_0(y_j), & \frac{u_{n,j+1} - u_{n,j}}{h_y} &= f_a(y_j), \\ \frac{u_{i+1,0} - u_{i,0}}{h_x} &= \varphi_0(x_i), & \frac{u_{i+1,m} - u_{i,m}}{h_x} &= \varphi_b(x_i), \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнения (3) и (4) образуют система алгебраических уравнений, относительно переменных  $u_{i,j}$  ( $i = \overline{0, n}, j = \overline{0, m}$ ), которая может быть решена точными методами, например, методом Гаусса, или приближёнными, например, методом Зейделя или методом простой итерации.

Численный эксперимент

Проиллюстрируем на конкретном примере решение поставленной задачи:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} &= 0, \\ u'_y(0, y) &= -y, & u'_y(1, y) &= y + 6, \\ u'_x(x, 0) &= x, & u'_x(x, 1) &= 16 - x. \end{aligned}$$

Подробное решение задачи будем рассматривать на пяти точечной сетке (рисунок 1).

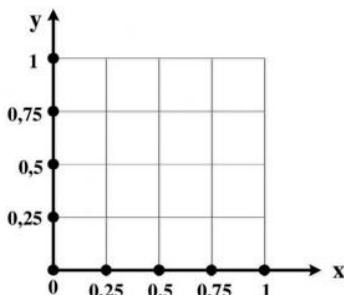


Рис. 1. Пяти точечная сетка

Процесс задачи представим поэтапно:

1) вычисление начального приближения на границе области  $\Omega = \{0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ ;

2) вычисление начально приближения внутри области  $\Omega$ ;

Далее запишем таблицу полученных результатов на первом и втором этапе (таблица 1):

Таблица 1

Начальное приближение для пятиточечной сетки

$x \setminus y$	0	0,25	0,5	0,75	1
0	0,0000	-0,0625	-0,1718	-0,3164	-0,4873
0,25	0,0625	0,9398	1,8172	2,6946	3,5720
0,5	0,1718	1,7674	3,3629	4,9584	6,5540
0,75	0,3164	2,4193	4,5222	6,6251	8,7280
1	0,4873	1,928	3,0709	3,9907	10,2960

3) составление систем алгебраических уравнений. В данной задаче количество узлов по  $x$  совпадает с количеством узлов по  $y$ , т.е.  $n = m = 5$ . Области  $\Omega = \{0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1\}$ , то  $h_x = h_y = 0,25$ ;

4) решение СЛАУ. Будем вычислять последовательное приближение  $u_{ij}$  до тех пор, пока не достигнем требуемой точности  $\varepsilon = 10^{-3}$ , т.е. пока не выполнится условие. Таким образом, на 11 итерации удалось достичь требуемой точности (таблица 2):

Таблица 2

Одиннадцатое приближение

$x \setminus y$	0	0,25	0,5	0,75	1
0	0,0000	-0,0625	-0,1719	-0,3164	-0,4873
0,25	0,0625	0,0513	0,0565	0,0408	3,5720
0,5	0,1719	0,2266	0,3522	0,4466	6,5540
0,75	0,3164	0,6733	1,0698	1,3868	8,7280
1	0,4873	1,9279	3,0709	3,9970	10,2960

УДК 519.63

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ, ПОРОЖДЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ ПУАССОНА

Филатова А.Д. (ФПМб-14)\*

Многие проблемы, связанные с исследованием физических процессов или явлений, решаются с помощью построения

---

\* Работа выполнена под руководством Торшиной О.А.

дифференциальных уравнений в частных производных, а также набора граничных и начальных условий. Изучение численных методов при решении задач математической физики является актуальным и востребованным направлением в прикладной математике и информатике.

Постановка задачи:

Найти численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 2(x^2 - y^2)$$

в прямоугольной области  $G = \{0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 2\}$  с граничными условиями:

$$u(0, y) = 0, u(1, y) = y^2, u(x, 0) = 0, u(x, 2) = 4x^2$$

Погрешность  $\varepsilon = 10^{-1}$ .

Для решения задачи методом конечных разностей построим на области  $G + \Gamma$  сетку:

$$S = \{(x_i = x_{i-1} + 0,25, y_j = y_{j-1} + 0,5) | i = 1..5; j = 1..5\}$$

Значения функции  $u(x, y)$  в каждой точке на границе сетки получаем из граничных условий. Для этого используем формулы:

$$u_{1,j} = 0$$

$$u_{i,1} = 0$$

$$u_{n,j} = (y_j)^2$$

$$u_{i,m} = 4(x_i)^2$$

где  $n = 5, m = 5$ . Причем,  $u_{1,1} = u(0,0) = 0$ .

Для нахождения значений функции во внутренних узлах сети, предположим, что эта часть разделена горизонтальными прямыми. Вычислим шаг изменения функции по узлам на каждой из этих прямых. И найдем значение функции в каждом внутреннем узле.

После вычисления значения функции в каждом узле сетки получим начальное приближение для численного метода.

Пропишем таблицу со всеми найденными значениями.

Таблица 1

Начальное приближение для метода сеток

$xy$	0	0,5	1	1,5	2
0	0	0	0	0	0
0,25	0	0,0625	0,25	0,5625	0,25
0,5	0	0,125	0,5	1,125	1
0,75	0	0,1875	0,75	1,6875	2,25
1	0	0,25	1	2,25	4

Для достижения заданной точности применим итерационный метод. Получим формулу для  $p + 1$  приближения:

$$u_{i,j}^{p+1} = \frac{h_2^2(u_{i+1,j}^p + u_{i-1,j}^p) + h_1^2(u_{i,j+1}^p + u_{i,j-1}^p) - h_1^2 * h_2^2 * f_{i,j}}{2(h_1^2 + h_2^2)}$$

где  $p$  – номер итерации.

Итерационный процесс продолжаем до тех пор, пока:

$$\max |u_{i,j}^{p+1} - u_{i,j}^p| < \varepsilon$$

В итоге получили, что к заданной точности мы приходим на 3 итерации. Ниже приведена таблица с результатами конечного приближения.

Таблица 2

Конечное приближение для метода сеток

x\y	0	0,5	1	1,5	2
0	0	0	0	0	0
0,25	0	0,1203	0,4328	0,9203	0,25
0,5	0	0,1765	0,7078	1,5515	1
0,75	0	0,2078	0,8953	2,0078	2,25
1	0	0,25	1	2,25	4

На рисунке 1 представлено сравнение графиков начального и конечного приближения.

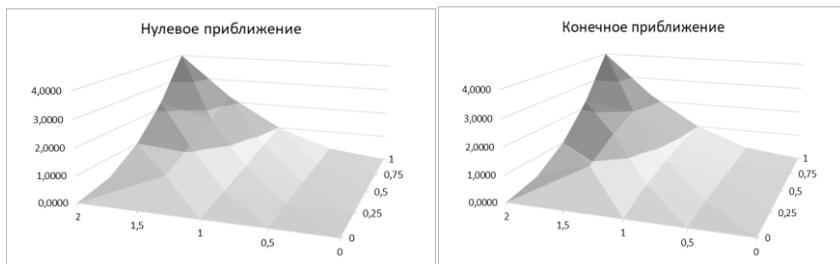


Рис. 1. Сравнение начального и конечного приближения

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПЕРВОЙ СМЕШАННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Чернецкая Н.С. (ФПМб-14)\*

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + F(x,t) \quad (1)$$

где  $c$  – удельная теплоёмкость;

$\rho$  – плотность;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности;

$F(x,t)$  – мощность внутренних источников тепла;

Разбирается теплопередача через плоскую бесконечную пластину или изолированный стержень. Толщина пластины  $L = 0,1$  м, плотность материала пластины  $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$ , теплоемкость пластины  $C = 460$  Дж/(кг · °С), коэффициент теплопроводности пластины  $\lambda = 46$  Вт/(м · °С), начальная температура  $T_0 = 30$  °К, температура пластины при  $x = 0$  будет  $T_1 = 300$  °К и при  $x = L$   $T_2 = 150$  °К.

Изменение температуры будет происходить в направлениях, которые перпендикулярны границе пластины. Помимо этого сделаем предположение, что теплофизические характеристики не имеют зависимости от температуры. Из чего следует следующее преобразование уравнения (1) к виду:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad 0 < x < L \quad (2)$$

Значение функции в первоначальное мгновение времени и на границе пластины будет выглядеть подобным образом:

$$\begin{aligned} T(x,0) &= T_0 \quad 0 \leq x \leq L \\ T(0,t) &= T_1 \quad t > 0 \\ T(L,t) &= T_2 \quad t > 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Приведённая математическая модель задачи будет решена нами методом конечных разностей, с использованием равномерной сетки.

Используя неявную схему, произведём замену дифференциальных операторов в формуле (2) на их конечно-разностные аналоги.

---

\* Работа выполнена под руководством Торшиной О.А.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau} \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{h^2} \quad (5)$$

Произведя аппроксимацию частных производных в данном уравнении, надлежащими конечными разностями в качестве итога обретаем вытекающую систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$\rho \cdot c \cdot \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau} = \lambda \cdot \left( \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{h^2} \right) \quad (6)$$

$i = 2, \dots, N-1, \quad n \geq 0$

Изложенный способ приближения производных именуется неявным. Это обусловлено тем, что температурное поле на новом временном слое представлено неявно. Для простоты понимания и использования, сведём нашу систему к всеобщему виду:

$$A_i \cdot T_{i+1}^{n+1} - B_i \cdot T_i^{n+1} + C_i \cdot T_{i-1}^{n+1} = Q_i \quad (7)$$

где  $A_i = C = \frac{\lambda}{h^2}$ ,  $B_i = \frac{2 \cdot \lambda}{h^2} + \frac{\rho \cdot c}{\tau}$ ,  $Q_i = -\frac{\rho \cdot c}{\tau} T_i^n$

Допустим, что имеются подобные комплекты чисел  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  ( $i = \overline{1, N-1}$ ), при которых

$$T_i^{n+1} = \alpha_i \cdot T_{i+1}^{n+1} + \beta_i \quad (8)$$

при всех  $i = 2, 3, \dots, N-1$  надлежит выполнение соотношения:

$$\alpha_i = \frac{A_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}} \quad \beta_i = \frac{C_i \cdot \beta_{i-1} - Q_i}{B_i - C_i \cdot \alpha_{i-1}} \quad (9)$$

Произведём полный алгоритм решения. Определим прогоночные коэффициенты.

Так как при  $x=0$   $T = T_x$ , то

$$T_1^{n+1} = \alpha_1 \cdot T_2^{n+1} + \beta_1 = T_x \quad (10)$$

$\alpha_1 = 0 \quad \beta_1 = T_x$

а при

$$x = L \quad T = T_n \quad (11)$$

$T_N^{n+1} = T_n$

Вычисляем коэффициенты  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  по формулам (9).

Стало быть, разностные соотношения, аппроксимирующие дифференциальную задачу, выглядят так

$$\rho \cdot c \cdot \frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\tau} = \lambda \cdot \left( \frac{T_{i+1}^{n+1} - 2 \cdot T_i^{n+1} + T_{i-1}^{n+1}}{h^2} \right) \quad (12)$$

$$i = 2, \dots, N-1, \quad n \geq 0$$

$$T_i^0 \quad i = 2, \dots, N-1$$

$$T_1^n \quad n > 0 \quad (13)$$

$$T_N^n \quad n > 0$$

Аппроксимация дифференциальной задачи конечно-разностной (12-13) реализована с первым порядком точности по времени  $t$  и вторым по пространственной координате  $h$ . Так же стоит отметить, что неявная разностная схема является абсолютно устойчивой. Итак, шаг интегрирования по времени может быть произвольным. Но он должен выбираться так, чтобы целый интервал времени разбивался хотя бы на 10 шагов, хорошо бы больше.

УДК 669. 292: 669. 054

## ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ВАНАДИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Юркина О.И. (ТХб-17), Абсалямова В.И. (ТХб-17),  
Иванченко Д.А. (ТХб-17)\*

Выбор направления о влиянии соединений ванадия на окружающую среду связан с проводимыми лабораторными исследованиями в области переработки вторичных ванадийсодержащих материалов. Цель проводимых исследований – показать возможность вовлечения в техническую переработку определённых шлаков (процесса ITmk3, НТМК) и хвостов отработанных месторождений (Кусинского месторождения титаномагнетитов) [1-3].

В настоящее время возможность переработки техногенных месторождений, отходов различных производств прошлых лет, хвостов отработанных месторождений привлекает пристальное внимание различных горных предприятий и коммерческих структур. При переработке ванадийсодержащего сырья образуются технологические остатки – это растворы после выщелачивания, от которых затем приходится освобождаться различными методами, и осадки после экстрагирования ванадия. Утилизация этих технологических остатков может вызвать накопление определённых соединений ванадия в

---

\* Работа выполнена под руководством Махоткиной Е.С., Шубиной М.В.

биосфере, а искусственное и быстрое увеличение концентрации какого-либо элемента в окружающей среде может привести к возникновению несвойственных ей биоконтактов.

Анализ литературных источников по воздействию ванадия на составные части биосферы поможет оценить токсориски в районах переработки ванадиевых отходов и заложить основы стратегии превентивной защиты окружающей среды.

Плотность ванадия  $6,11 \text{ г/см}^3$ . В соответствии с классификацией, учитывающей, помимо плотности, токсичность для живых организмов при низких концентрациях, способность к биоаккумуляции и биомагнификации ванадий относят к категории тяжелых металлов [4,5]. Содержание ванадия в земной коре составляет  $0,009 \%$ . В воде рек –  $0,2 - 4,5 \text{ мкг/дм}^3$ , в морской воде – в среднем  $2 \text{ мкг/дм}^3$ .

После переработки техногенного сырья, хвостов отработанных месторождений ванадий поступает в биосферу в мелкодисперсном состоянии и приобретает возможность свободных биологических контактов, при которых и проявляются его высокие токсические свойства (относится к I-II классу опасности) [6]. Основные антропогенные источники поступления ванадия в подземные воды - сточные воды предприятий черной и цветной металлургии, добыча и переработка нефти, сжигание углеводородного топлива (например, выбросы автомобилей).

В сточных водах предприятий, производящих соединения ванадия, может содержаться до  $700 \text{ мг/л}$  ванадия в пересчете на оксид ванадия (V). Остаточное содержание ванадия после очистки сточных вод до  $0,34 \text{ мг/м}^3$  [7].

Ванадий активно накапливается гумусом почв (доля соединений ванадия составляет примерно  $0,01 \%$ ), особенно в ультраосновных и основных породах. В регионах с такими почвами содержание ванадия при накоплении отходов будет значительным [6].

Один из самых опасных источников ванадия для человека – повышенное содержание пентаоксида ванадия в воздухе, так как наибольшее токсическое действие проявляется при вдыхании этого соединения. Токсическая доза для человека  $0,25 \text{ мг}$ , летальная доза –  $2-4 \text{ мг}$ . Для  $\text{V}_2\text{O}_5$  ПДК в воздухе  $0,1-0,5 \text{ мг/м}^3$ . В районе предприятий, получающих соединения ванадия или использующих их в технологическом процессе, при исследовании воздуха оксид ванадия (V) обнаруживали в  $87 \%$  проб в концентрациях от  $0,98$  до  $1,49 \text{ мкг/м}^3$ , при этом превышение содержания более  $2 \text{ мкг/м}^3$  обнаружилось в более  $10 \%$  проб [8]. При дроблении и размолу ванадийсодержащих шлаков концентрация пыли, содержащей ванадий, колеблется на уровне десятков  $\text{мг/м}^3$ .

Из воздуха оксид ванадия (V) оседает на почву и мигрирует в донные отложения водоёмов [9, 10]. Считают, что необходимо обратить особое внимание на эти отложения, так как в них концентрация ванадия может достигать 100 мг/кг [11].

Соединения ванадия токсичны, негативно действуют на органы дыхания, пищеварения, нервную систему и систему кровообращения, способны вызывать воспалительные и аллергические заболевания кожи [5]. Можно выделить такие направления воздействия на биосферу и человека вредных ванадиевых выбросов, которые могут быть оценены количественно на современном научно-техническом уровне:

- выбросы в атмосферу соединений ванадия в виде пыли, которая оседая на почву, загрязняет её (для  $V_2O_5$  ПДК составляет 0,1 мг/м<sup>3</sup>);
- загрязнение окружающей территории предприятий отходами переработки рудного сырья, содержащего ванадий;
- сброс сточных вод, содержащих повышенную концентрацию солей и металлов (ПДК для воды 0,1 мг/л соединений  $V^{5+}$ ), которые в последствии зашлаковывают почву и отрицательно влияют на почвенную биоту, снижают урожайность сельскохозяйственной почвы.

Совершенно очевидно, что планируя организацию переработки отходов ванадиевого производства необходимо иметь оперативные и информационные способы оценки содержания соединений ванадия оценить масштабы возможного загрязнения природы мелкодисперсными частицами.

Таким образом, проведённый литературный анализ помог определить направление дальнейших исследований в области переработки хвостов Кусинского месторождения титаномагнетитов.

Для достижения данных целей при проведении лабораторных исследований необходимо определить содержание ванадия в растворах после осаждения извлечённого из руды ванадия, оценить потери при дроблении шлама после окислительного обжига.

#### Библиографический список

1. Шубина М.В., Махоткина Е.С. Рециклинг ванадийсодержащих отходов. Теория и технология металлургического производства. 2016. № 2 (19). С. 71-74.
2. Шубина М.В., Махоткина Е.С. Исследование возможности извлечения ванадия из шлаков переработки титаномагнетитов. Теория и технология металлургического производства. 2013. № 1 (13). С. 75-77.
3. Махоткина Е.С., Шубина М.В. Извлечение ценных компонентов из шлама процесса ITmk3. Металлургия: технологии, инновации, качество. Под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. С. 340-344.

4. Valavanidis A., Vlachogianni T. Metal in Ecosystems. Ecotoxicology Studies and Risk Assessment in the Marine Environment // Science advances on Environment, Toxicology and Ecotoxicology issues, 2006. P. 1-14.
5. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Экоотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.
6. Якуцени С.П. Распространённость углеводородного сырья, обогащённого тяжёлыми элементами-примесями. Оценка экологических рисков. СПб.: «Недра», 2005. 372 с.
7. Сурмаев Р.Х. О твердых, жидких и аэрозольных отходах в производстве технической пятиокиси ванадия. Химия и технология ванадиевых соединений. Материалы VI-го Всесоюзного совещания по химии, технологии и применению соединений ванадия. Пермь, 1974. С. 43-46.
8. Пазынич В.М. Гигиеническое значение электрозаряженности аэрозолей пятиокиси ванадия. Гигиена населенных мест. Республиканский межведомственный сборник. Киев, 1977. С. 99-100.
9. Gummow B. Vanadium: Environmental Pollution and Health Effects. Encyclopedia of Environmental Health. 2011. P. 628-636.
10. Guzmarn-Morales J., Morton-Bermea O., Hernandez-Arlvarez E. Assessment of Atmospheric Metal Pollution in the Urban Area of Mexico City, Using Ficus benjamina as Biomonitor. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2011. Vol.86. P.495-500.
11. Amezcua-Allieri M.A., Salazar-Coria L. Nickel and Vanadium Concentrations and Its Relation with Sediment Acute Toxicity. Bull/Environ/Contam. Toxicol. 2008. Vol. 80. P.555-560.

УДК 37.026

## **ЭФФЕКТ СИНЕРГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА У УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ**

Антонов А.А. (ЗИПОМ-16-5)\*

В последние годы в научной литературе все чаще встречается такое общенаучное понятие, как синергия, которое (от греческого слова «synergieia» – сотрудничество, содружество) означает комбинированное действие каких-либо компонентов, при котором суммарный эффект превышает действие каждого компонента в отдельности [1].

---

\* Работа выполнена под руководством Ореховой Т.Ф.

Само понятие появилось на рубеже двадцатого века, благодаря бельгийским ученым во главе с И. Рогожиным, Г. Николаевым. Наблюдая за химическими процессами, они обнаружили закономерности поведения систем сложных структур при определенных параметрах хаотичности или упорядоченности внутренней и внешней среды в стремлении к усложнению структуры и переходу на следующий уровень развития [2]. Таким образом, эффект синергии можно рассматривать как процесс или явление, относительно разных систем, а ключевые принципы этого эффекта можно выразить через понятия нелинейности, самоорганизации и открытости как существенных характеристик таких систем.

Рассмотрим эффект синергии на простом примере. Во время урока, когда учитель объяснял правила решения уравнения, один из учеников попросил у одноклассника шариковую ручку, что привело к отвлечению других учащихся. В результате не все ученики смогли дослушать учителя, неверно выполнили задание, а неудовлетворительное качество решения уравнения вызвало у группы отвлекшихся учеников соответствующее недовольство своими результатами.

На данном примере видно проявление трех ключевых принципов возникновения эффекта синергии. Тот факт, что не все учащиеся отвлеклись от пояснений учителя, свидетельствует о нелинейности системы; показателем самоорганизации системы является образование группы учеников, не справившихся с заданием; а происшедший обмен мнениями и возникновение недовольства между учениками указывает на действие принципа открытости системы.

Подобным образом эффект синергии может работать и в любых других развивающихся системах. Однако в системе общего образования данный эффект имеет особое значение, так как является одним из механизмов, объясняющих процесс формирования у школьников научной картины мира.

Научная картина мира (далее НКМ), согласно общепринятому определению, – целостная система представлений [человечества] о мире, его структурных характеристиках и закономерностях, вырабатываемая в результате систематизации и синтеза фундаментальных достижений науки [3]. Процесс формирования у учащихся основной школы НКМ состоит из трех этапов: додисциплинарного, дисциплинарного и междисциплинарного взаимодействия наук.

Додисциплинарный этап формирования у растущего человека научной картины мира приходится на дошкольное детство, когда дети получают знания о мире и приобретают соответствующий опыт посредством активной работы органов чувств. Дисциплинарный и междисциплинарный этапы начинаются с начала школьного обучения по мере систематического изучения программно установленных учебных

дисциплин. Таким образом, можно утверждать, что к началу обучения в основной школе учащиеся уже имеют некоторые представления о реальной действительности, которые в процессе их образования постепенно складываются в научную картину мира.

Эффект синергии проявляется здесь в том, что формирование у школьников научной картины мира представляет собой процесс движения от хаотичности приобретенных ими знаний к их устойчивости и упорядоченности. Отсюда наполнение и развитие содержания научной картины мира у учащихся, имеющих начальные представления о мире в целом и о своем месте в нем, осуществляется посредством дополнения, коррекции или разрушения сложившейся у них персонализированной картины мира.

Процесс формирования научной картины мира у детей дошкольного и школьного возраста с позиции принципа синергии можно представить в виде схематичной модели на рисунке 1. В нижней части схемы отражается додисциплинарный этап, продолжающийся от двух до шести лет и соответствующий периоду посещения детьми детского сада. Направленная вверх стрелка показывает движение от хаоса, которым характеризуется научная картина мира, к упорядоченности, постепенно совершенствующейся на дисциплинарном и междисциплинарном этапе формирования НКМ и выступающей основой самоидентификации учащихся.

Поскольку человек, представляет собой открытую систему, то схема модели формирования НКМ вписана в две окружности: внешнюю – знания (информация), которые в систематизированном и обобщенном виде складываются в научную картину мира; и внутреннюю – те психические процессы, посредством которых учащиеся воспринимают всю существующую в мире информацию. По мере дополнения, коррекции или разрушения сформированной на раннем этапе научной картины мира происходит качественный переход на следующий этап: первоначально, который длится до бесконечности (троеточие на схеме) за счет накопления с возрастом опыта и переработкой фактических знаний о мире. Таким образом, можно утверждать, что принцип синергии не имеет возрастных ограничений.

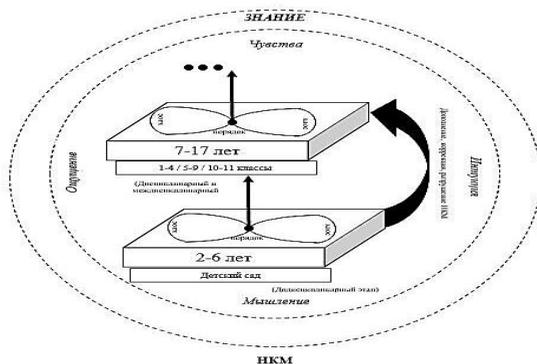


Рис. 1. Эффект синергии при формировании научной картины мира у учащихся основной школы

Таким образом, под формированием у учащихся основной школы научной картины мира мы понимаем целенаправленный процесс получения ими научных знаний посредством органов чувств, ощущений, мышления и интуиции через прохождение всех ступеней образования, а в качестве механизма формирования этой картины выступает эффект синергии.

#### Библиографический список

1. Булыко А.Н. Большой словарь иностранных слов. М.: Мартин, 2007. 704 с.
2. Николис Г. Самоорганизация в неравновесных системах/ под ред. д-ра хим. наук Ю.А. Чизмадзева. М.: Мир, 1979. 512 с.
3. Энциклопедический словарь по психологии и педагогике Электронный ресурс. [http://psychology\\_pedagogy.academic.ru](http://psychology_pedagogy.academic.ru).

УДК 159.9

## ТРЕВОГА И ТРЕВОЖНОСТЬ В СОВРЕМЕННОЙ ПСИХОЛОГИИ

Фомина Е.Н. (зППСб-13-1)\*

Тревожность – это одна из индивидуальных психологических особенностей личности, проявляющаяся повышенной склонностью

\* Работа выполнена под руководством Шулевой Е.И.

человека к беспокойству, тревоге, страху, который зачастую не имеет под собой достаточных оснований.

З. Фрейд первым ввел понятие «тревога» в психологию в 1925 г., разведившим страх как таковой, конкретный страх и неопределенный, безотчетный страх – тревогу, носящую глубинный, иррациональный, внутренний характер [3].

Состояние тревоги может возникать у людей разного возраста, от маленьких детей до людей пожилого возраста, что отражено в исследованиях И.В. Дубровиной, А.М. Прихожан, Е.И. Шулевой [1, 2, 3, 5]. Не каждое испытанное чувство тревоги следует относить к тревожным расстройствам, только когда это чувство становится слишком сильным и неконтролируемым, и мешает человеку вести нормальную жизнь и заниматься привычной деятельностью, только тогда можно говорить о тревожных расстройствах.

Тревога всегда связана с социальным аспектом. Она возникает тогда, когда возникает угроза перед человеком, как социальным объектом, когда в опасности находятся его ценности, потребности, представления о самом себе, его положение в обществе. Тревога, как эмоциональное состояние, рассматривается только в том случае, когда она связана с ожиданием неудачи в социальном взаимодействии. Тревогу как психическое состояние, в современной психологии чаще всего называют реактивной или ситуативной тревожностью, так как основной ее причиной является конкретная внешняя ситуация, например просмотр кинофильма [4].

Состояние тревоги, как и любое психическое состояние, проявляется на разных уровнях человеческой организации [3]:

- на физиологическом уровне, тревога проявляется в усиленном сердцебиении, учащенном дыхании, повышении артериального давления, снижении порога чувствительности, появлении сухости во рту, слабости в ногах и т.д.;

- на эмоционально-когнитивном уровне, проявляется в ощущении беспомощности, незащищенности, бессилия, порождающие затруднения в принятии решений и целеполагании;

- на поведенческом уровне, признаки тревоги могут проявляться в бесцельном хождении по помещению, стучании пальцами по столу, грызением ногтей, кручением в руках разных предметов, качанием на стуле и т.д.

Хоть переживание тревоги на субъективном уровне и является скорее негативным состоянием, ее воздействие на поведение и деятельность человека неоднозначно. На основании этого, в современной психологии выделяют два вида тревоги: мобилизирующую и дезорганизирующую (расслабляющую). Мобилизирующая тревога является своего рода дополнительным импульсом к началу деятельности,

в то время как расслабляющая тревога снижает эффективность деятельности вплоть до полного ее прекращения и общей дезорганизации деятельности [2].

Исследования тревоги показали, что чувство тревоги может варьироваться по интенсивности и изменяться во времени как функция уровня стресса, которому подвергается человек. Тревога наименьшей интенсивности соответствует ощущению внутренней напряженности, выраженной в чувстве дискомфорта и настороженности. Данный уровень тревоги не несет в себе признаков угрозы, скорее дает сигнал о возможности появления более выраженных тревожных явлений. Здесь тревога несет наибольшее адаптивное значение. Более интенсивное проявление тревоги – тревожно-боязливое возбуждение, на данном этапе возникает потребность в двигательной разрядке, поиске помощи, что приводит к дезорганизации человека [1]. Дезорганизующим эффектом обладает только интенсивная тревога. Именно данный вид тревоги представляет наибольший интерес для психологов, поскольку этот вид тревоги в субъективном опыте человека является наиболее «проблемным», требующий преодоления или трансформации.

Но не стоит путать тревогу и тревожность, тревожность – это психическое свойство, индивидуальная психологическая особенность, проявляющаяся в склонности человека к переживанию тревоги [3]. Личностная тревожность, отмечает И.В. Дубровина [1], представляет устойчивое образование, проявляющееся в хронических переживаниях соматического и психического напряжения, склонность к раздражительности и беспокойству даже по незначительным поводам, чувством нетерпеливости и внутренней скованности. Как черта личности, тревожность, отражает частоту переживаний человеком состояния тревоги. В поведении человека тревожность почти не проявляется, но ее уровень можно определить, наблюдая за тем, как часто и интенсивно, у человека проявляются состояния тревоги. Люди с ярко выраженной тревожностью склонны воспринимать мир как заключающий в себе опасность и угрозу в значительно большей степени, чем личность с низким уровнем тревожности.

А.М. Прихожан выделяет два типа тревожности [3]: 1) беспредметная тревожность, возникает, когда человек не может соотнести возникающие у него переживания с конкретными объектами. Данный вариант тревожности обусловлен особенностями нервной системы, нейрофизиологическими свойствами организма, и является врожденным. 2) тревожность как склонность к ожиданию неблагоприятия в общении и различных видах деятельности. Этот вариант тревожности связан с особенностями формирования личности в течение жизни.

Существуют различные формы тревожности, то есть особые способы ее переживания, преодоления, осознания. Среди них можно выделить следующие варианты:

- открытая тревожность, сознательно переживаемая, в деятельности проявляется в виде состояния тревоги;

- скрытая тревожность, в разной степени неосознаваемая, может проявляться либо в чрезмерном спокойствии, нечувствительности к реальному неблагополучию и даже его отрицанию, либо через специфические формы поведения: хождение из стороны в сторону, постукивание пальцами и т.д.

Таким образом, следует отметить, что тревожность как психическое свойство, и тревога как психическое состояние находятся в конфронтации с основными личностными потребностями: чувство уверенности, безопасности, потребность в эмоциональном благополучии.

#### Библиографический список

1. Дубровина И.В., Акимова М.К., Борисова Е.М. и др. Рабочая книга школьного психолога. Под ред. И.В. Дубровиной. М.: Просвещение, 1991. 303 с.
2. Тревога и тревожность: хрестоматия: учебное пособие. сост. Астапов В.М. СПб.: Пер Сэ, 2008. С. 138-150.
3. Справочник по психологии и психиатрии детского и подросткового возраста. Текст. Под ред. Циркина С.Ю. 2-е изд. СПб.: Питер, 2004. 896 с.
4. Шулева Е.И., Кузнецова А.О., Шулев И.И. Динамика эмоционального состояния подростков при просмотре фильмов Мир науки. 2017. Т. 5. № 4. С. 37.
5. Шулева Е.И. Теоретико-эмпирическое исследование образа мира современного подростка. Москва, 2017.

УДК 7.021

### **ПРОЦЕСС РАБОТЫ НАД ПЕЙЗАЖЕМ «ТИХАЯ ГАВАНЬ» В ТЕХНИКЕ МАСЛЯНОЙ ЖИВОПИСИ: ВЫБОР ТЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИИ**

Вдовина Е.П. (ФИДПОБ-13)\*

Пейзаж является для художников одним из любимых жанров в живописи. Морской пейзаж вызывает трепет и умиротворение. Он может

---

\* Работа выполнена под руководством Деменева Д.Н.

успокоить в любой ситуации, ведь вода одна из трех вещей, на которые можно смотреть бесконечно. А изображение стихийных бурь может дать почву для размышлений.

Данная тема была выбрана не случайно. Прежде всего, это желание видеть красоту в природе. Ту красоту, которая переключается с нашим настроением. В работе «Тихая гавань» хотелось отразить спокойное состояние морского пейзажа. Название работы можно трактовать и в прямом и в переносном смысле:

- 1) «Тихая гавань» в смысле надежного, «тихого» пристанища для мелких суденышек, кораблей, человека.
- 2) «Тихая гавань» в смысле особого состояния человеческой души.

Эта тема может донести до зрителя смысл, более глубокий, чем это может показаться на первый взгляд. Прежде всего, человек, увидевший это произведение, может проникнуться, прочувствовать на себе то смиренное, спокойное состояние души, что заставляет нас задуматься над своей «личной» «тихой гаванью». Для кого-то это может быть уголок земли, который греет сердце воспоминаниями, для другого осознание быстротечности нашего бытия и возможность успеть им насладиться, для третьего – достижение полного покоя и принятие того факта, что ничто не вечно.

Особенности создания композиции. Первым этапом стал выбор сюжета. Он целиком и полностью зависел от поставленной цели. Ведь художники, прежде всего, должны уметь сосредоточиться на достижении своей цели, а также выделить главное в собственной композиции. Используя основные приемы и средства композиции, был намечен сюжет будущей работы. Вторым этапом стало схематическое изображение выбранного сюжета. Для этого понадобилось детальное изучение композиционных схем. Выбирая тему предстоящей работы, прежде всего, необходимо было определиться с состоянием пейзажа, который будет перенесен на холст. Выбор остановился на спокойном его состоянии. Задачами встали изображение «Тихой гавани», передающей особое состояние человеческой души.

Композиция в изобразительном искусстве, прежде всего, нужна для того, чтобы передать основной замысел. В композиции существуют свои правила, средства и приемы для достижения нужного результата. Они являются универсальными и основными для всех жанров изобразительного искусства. Однако нужно сказать, что лучших готовых рецептов написания морского пейзажа не существует. Маринист в своей творческой работе должен лишь опираться на все законы, но главная его задача — уловить состояние изображаемой им природы.

Затем сложный и серьезный шаг – определение общего тона работы. Именно тональные поиски заложили основу всей композиции. Это как фундамент для дома, самое главное. Очень важно правильно

выстроить тоновые отношения, так как ошибки в тоне, несомненно, приведут к ошибкам в цветовой гамме в дальнейшем. Было выполнено множество тоновых поисков карандашом на белой бумаге. При помощи тона необходимо сделать моделировку больших форм и отношений, что впоследствии и было сделано. Также были выполнены поиски, изображающие различные состояния морской природы. Были перепробованы такие варианты, как утреннее, дневное или вечернее время суток, и определено будет ли это мерцающий лунный закат или умиротворяющая дневная тишина.

Определившись с тоном будущего пейзажа, начались поиски цветовой гаммы. Были задействованы и холодные, и теплые цвета палитры. Знакомство и изучение этюдов именитых маринистов, их методов выполнения поисков, их технических особенностей, помогало в решении поставленных задач. При выполнении поисков в цвете, также попутно работа шла над композицией. Много времени уделено разработке концепции и идейного образа будущей работы.

Работа маслом представляет собой владение особыми навыками и мастерством передачи цвета. Конечно, возникают небольшие трудности в связи с малым опытом владения техникой масляной живописи. Но в этом всегда находилась помощь руководителя и преподавателей.

На основании одобренных преподавателями кафедры и дипломным руководителем поисков, был сделан фор-эскиз, который прорабатывался более детально и занял большее количество времени.

Картина, являющаяся самостоятельным произведением, требует долгой и кропотливой работы. Что и было самым главным показателем в выполнении композиции «Тихая гавань». На основе заготовленных поисков, выбрав подходящий и удовлетворяющий по всем условиям фор-эскиз, началась работа над композицией. Этот морской пейзаж очень вдохновлял. И, несмотря на то, что он является самой трудной частью дипломной работы и занимающей больше времени, отведенного на ее выполнение, вдохновение оставалось до последнего этапа.

Проработка деталей в работе являлась промежуточной стадией. Следующей стадией стало обобщение, некоторые детали пришлось списать, поскольку они отвлекали от главного. Необходимо было не просто перенести изображение с фор-эскиза на большой холст, но также доработать неровности. И, конечно же, акцентируя внимание на главном объекте, с мельчайшей точностью, проработать все детали. Завершенная композиция отвечает поставленным целям и задачам. Выбрана цветовая гамма, подходящая к названию и прежде всего смыслу, вложенному в эту работу (рисунок 1).

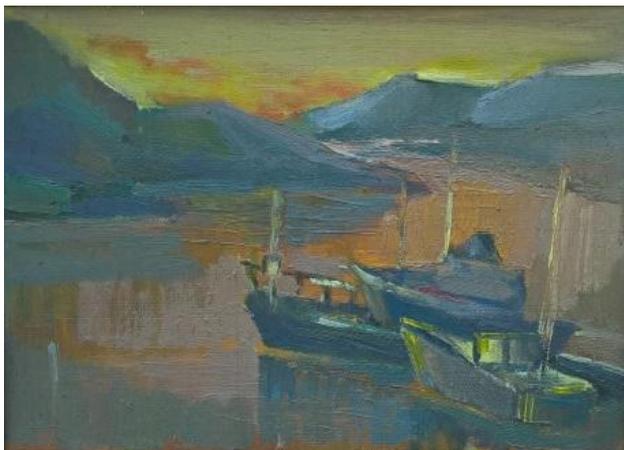


Рис. 1. «Тихая гавань». Х.м., 60x80, 2018 г.

Благодаря проведенному исследованию по изучению истории морского пейзажа и особенностям создания пейзажной композиции была создана композиция «Тихая гавань». По итогам проделанной работы можно считать поставленную цель выполненной. В композиции удалось передать спокойное состояние морского пейзажа, изображение морской стихии, несущее в себе бесконечность и глубину, гармонизирующее душевное состояние.

#### Библиографический список

1. Деменёв Д.Н. Диалектика искусства. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 146 с.
2. Деменёв Д.Н. Символическая функция цвета как связующее звено в культурных традициях разных народов / Молодёжь в науке и культуре XXI века: материалы VIII Международного научно-творческого форума. 2-3 ноября 2009 г. // ЧГАКИ. Челябинск, 2009. С. 47-50.

**ЖИВОПИСНЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ Е.С. ЗЕРНОВОЙ В СОБРАНИИ  
МАГНИТОГОРСКОГО ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКОГО МУЗЕЯ**

Даньшова А.В. (СПОп-14)\*

Строительство комбината и города стало мощным толчком для «притока» творческих сил в молодой город Магнитогорск. Так, художественные выставки в Магнитке стали регулярными уже с 1931 года, и наиболее частыми экспонатами выставок тех лет были портреты передовиков производства и, как символ нарождающейся мощи, индустриальные пейзажи. Именно тогда любители изобразительного искусства объединились и организовали в Магнитогорске филиал общества художников-самоучек. Они организовывали выставки, оформляли клубы, народные празднества, сотрудничали с газетами и таким образом поднимали уровень художественной образованности горожан.

На «грандиозную стройку» не раз приезжали талантливые художники из столицы, такие как Николай Аввакумов, Михаил Платунов, Евгения Блинова и другие выдающиеся личности. В своей статье мы уделим внимание советской художнице монументалисту - Екатерине Сергеевне Зерновой, которая была командирована в Магнитогорск в 1930-е годы для работы над картиной «Магнитогорский блуминг» на выставку «Индустрия социализма».

Родилась Екатерина Зернова в 1900 году в Симферополе, где её отец (впоследствии академик) Сергей Алексеевич Зернов был хранителем естественно-исторического музея Таврического губернского земства. С 1902 года семья Зерновых жила в Севастополе. После избрания отца профессором Петровской сельскохозяйственной академии в 1914 году Зерновы переехали в Москву. Отец много значил для Екатерины, он первый, кто учил будущую художницу рисовать, сначала карандашом, потом клеевыми красками, позже маслом. В Москве она сначала занималась в частной студии Ф.И. Рерберга (1915-1918), а в 1919 году поступила в Государственные свободные художественные мастерские, училась у И.И. Машкова, А.В. Шевченко и Д.П. Штеренберга.

Ещё студенткой Зернова сблизилась с группой художников-основателей Общества станковистов (ОСТ), при расколе ОСТа вошла в состав Изобригады. Начиная с 1928 года, она на протяжении длительного времени работала как художник-иллюстратор, продолжая заниматься живописью. В 30-е годы ездила в творческие командировки в районы

---

\* Работа выполнена под руководством Савостьяновой Ю.А.

промышленных новостроек, где писала этюды, рисовала портреты передовиков.

В 30-х годах комитет будущей выставки «Индустрия социализма», созданный по инициативе наркома тяжелой промышленности Серго Орджоникидзе, направлял художников в творческие командировки на социалистические стройки. Творческие командировки предназначены для создания произведений, в которых бы запечатлевались «великие свершения советского народа».

В своей книге «Воспоминания монументалиста» Е. Зернова так описывает свое прибытие в Магнитогорск: «в конце августа 1935 года я вышла с увесистым багажом на платформу станции «Магнитогорск». Шел снег... Пересекая пустынное поле, окруженное железнодорожными постройками, увидела очень непрезентабельную таратайку, на которой через два часа добралась до города в гостиницу» [1].

Основной целью ее поездки был сбор материала для эскиза картины «Магнитогорский блюминг» в его рабочем состоянии, но помимо этюдов на данную тему она также писала портреты работников завода: землекопов, операторов блюминга, девушек-строителей, начальников строек и цехов. Писать портреты прямо в цеху не удавалось, поэтому работала в гостинице, сначала создавала односеансный этюд, а потом большой холст, за три, четыре сеанса. Лучшие портреты мечтала передать в фонд будущего музея, но это не удалось осуществить, т.к. музей в Магнитке появится намного позже.

В фонде магнитогорского историко-краеведческого музея портретов Е. Зерновой нет, а те полотна, которые хранятся, посвящены индустриальной теме. Это «индустриальных этюда»: «Вальцы блюминга» (1935 г.), «Литейный цех» (1935 г.), «Вторая плотина с правого берега» (1936 г.)

На одном из этюдов под названием «Вальцы блюминга» изображен производственный цех, на переднем плане гигантский стан, по которому движется раскаленный металл, но он нам не виден и только яркий, огненный всполох, являющийся живописным акцентом, передает сам производственный процесс и создает атмосферу некой торжественности и величия.

Второй этюд - «Литейный цех», горизонтального формата, панорамный пейзаж, на котором изображено здание литейного цеха, а за ним возвышаются гигантские трубы доменных печей. Как вспоминала сама художница: «Сперва этюды получались грязно-серые. На первый взгляд других красок в пейзаже действительно не было: снег, серый бетон и черное кружево переплетений форм. Потом снег растаял, обнаружилась бурая земля, при высыхании серая... Мне же хотелось извлечь цветовую гармонию из того индустриального пейзажа, который был передо мной» [1].

Позже, во второй приезд в 1936 году, когда ей пришлось вновь побывать на Магнитке, так как после утверждения эскизов задуманной картины в Москве выяснилось, что у художницы не хватает знания деталей заводского интерьера, Екатерина Сергеевна напишет несколько живописных этюдов, которые будут отличаться от прежних, своей цветовой насыщенностью.

Один из таких этюдов, изображающий вторую плотину, находится в музейной коллекции. И вновь из воспоминаний художницы: «Много внимания требовала вторая плотина – гордость Магнитки... Я часто ездила на плотину, писала сначала маленькие, а потом громадные этюды... Во вторую поездку колорит моих холстов стал как будто несколько лучше, светлее» [1].

Изображенный земляной холм, будущая вторая плотина, показан зрителю как бы с высоты птичьего полета, Зернова писала с высокой соседней горы, это придает композиции некий «вселенский масштаб», светлые точки – люди, которые как муравьи трудятся над созданием плотины.

За время пребывания художницы в Магнитке она создала много живописных работ. Еще в первый приезд в редакции газеты «Магнитогорский рабочий» была организована ее персональная выставка и состоялась творческая встреча с рабочими, и художниками города, на которой поднимались важные вопросы - создание в городе домов культуры, музеев, Союза художников. Было отмечено, что пребывание Зерновой на Магнитострое и тот наработанный материал, который она увезет за тысячи километров и покажет жителям столицы, послужит пропагандой строительства «индустриального гиганта» и будет примером для других художников.

Помимо живописных работ Зерновой в фонде магнитогорского историко-краеведческого музея хранятся работы Г.Я. Соловьева, который Он приехал на Магнитострой в 1931 году и остался в этом городе до конца своих дней, именно его «по праву можно назвать первым профессиональным художником города, с деятельности которого еще в 1930-е годы начинается творческая жизнь «легендарной Магнитки» [2].

#### Библиографический список

1. Зернова Е.С. Воспоминания монументалиста / М.: Советский художник, 1985. 191 с.
2. Савостьянова Ю.А. Первый художник «Легендарной Магнитки»: к материалам о творчестве Г.Я. Соловьева. Система ценностей современного общества: сборник материалов XLV Международной научно-практической конференции / под общ. ред. С.С. Чернова Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2016. С. 65-69.

## **РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА БЛАГОУСТРОЙСТВА ВНУТРИКВАРТАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ 143 МИКРОРАЙОНА ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА**

Лукьянова М.В. (СДАб-15)\*

В качестве объекта для реализации проектов университета, в рамках программы «Комфортная городская среда», администрацией города Магнитогорска было предложено разработать проект благоустройства территории микрорайона № 143 Орджоникидзевского района.

Исследуемая территория располагается возле жилых домов и средней общеобразовательной школы № 10. Данная территория не разделена на зоны, находится в запущенном состоянии и нуждается в благоустройстве.

Согласно заданию было проведено шесть этапов исследования:

- определение связей территории с городом и ландшафтом;
- определение оптимальных параметров застройки (общая площадь территории, количество жителей района, существующая ситуация);
- выявление потребностей заинтересованных участников – жителей района;
- анализ транспортно-пешеходной доступности участка;
- анализ градостроительного контекста и существующей застройки;
- выявление проектных ограничений.

По результатам исследования разработан вариант дизайна внутриквартальной территории с организацией комфортной среды для жителей района, с учетом современных требований и норм. Было решено поделить территорию на несколько функциональных зон: детская зона с игровыми площадками; активная зона со спортивными площадками и специализированным оборудованием; активная зона для баскетбола; тихая зона (предусматривает размещение малых архитектурных форм).

Внутриквартальная территория 143 микрорайона должна объединить жителей микрорайона и жителей соседних районов и стать местом привлечения активного населения.

Таким образом, была разработана концепция, суть которой в открытости и доступности среды жилой внутриквартальной территории. Ее зонирование удобно для жителей района и транспортно-пешеходной коммуникации.

---

\* Работа выполнена под руководством Казаневой Е.К.

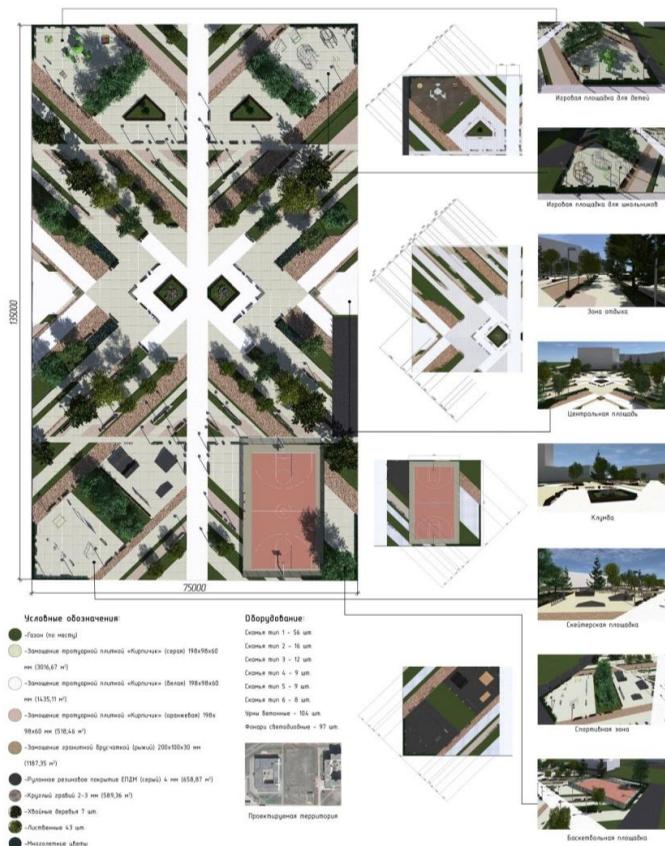


Рис. Эскизный проект благоустройства территории внутри 143 микрорайона г. Магнитогорска

### Библиографический список

1. Федосихин В.С., Феропонтов А.Ю. Экология, градостроительство и архитектура Магнитогорска (экологические основы архитектурного проектирования): Конспект лекций. Магнитогорск; МГТУ им. Г.И. Носова. 2001. 164 с.
2. Карта Магнитогорска: улицы, дома и организации города Магнитогорска. Электронный ресурс.
3. Свод правил СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий» Актуализированная редакция СНиП III-10-75.

**ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО  
БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИИ СКВЕРА В  
142 МИКРОРАЙОНЕ ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА**

Нагимова О.А. (СДАб-15)\*

Проектно-исследовательская работа по благоустройству территории сквера 142 микрорайона города Магнитогорска заключается в разработке варианта комфортной благоустроенной среды общественного пространства для жизни и проведения досуга жителей города.

На основе анализа существующей градостроительной ситуации, современных норм и требований, были выявлены основные проблемы, и предложен вариант проектного решения благоустройства сквера, который расположен в виде аллеи внутри микрорайона.

Проектное решение включает:

- благоустройство существующих скверов с учетом исторической архитектурной концепции, с размещением дополнительных зон отдыха, оборудованных скамейками для обеспечения необходимых функциональных и эстетических требований к пространству;

- для активного отдыха жителей предусматривается площадка с резиновым покрытием, то есть площадка с новыми тренажерами и зонами отдыха, оборудованными скамейками;

- учитывая потребность в психофизиологической разгрузке жителей разных возрастов, в сквере предлагается разместить зоны детских игровых площадок с учетом возрастных особенностей детей. По всей территории детской площадки размещены места отдыха. На площадках также предусмотрено размещение игрового оборудования (качели, горки, карусель и др.).

- предполагается ремонт и реставрация сквера, которая включает замену покрытия пешеходных дорожек на тротуарную плитку.



Рис. Благоустройство территории сквера в 142 микрорайоне.

### Библиографический список

1. BREEAM / Resources / Download BREEAM Scheme Documents / BREEAM International 2013 Technical Manual. Электронный ресурс. Режим доступа: [www.breeam.org](http://www.breeam.org).
2. СНиП 2.07.01-89: 4. Ландшафтно-рекреационная территория.
3. Свод правил СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий» Актуализированная редакция СНиП III-10-75 ).

## НЕИЗВЕСТНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ МАГНИТОГОРСКОГО ХУДОЖНИКА В.И. ЗАХАРОВА-ХОЛМСКОГО

Полищук А.В. (СПОп-14)\*

Имя этого художника известно в нашем городе очень хорошо, неоднократно проводились его персональные выставки и в магнитогорском «Доме печати» был издан альбом художника под редакцией автора-составителя, магнитогорского искусствоведа М.Ф. Абрамовой. Но мы вновь обращаемся к художественному наследию этого мастера, вновь находя для себя нечто новое, неизученное. В данной статье рассмотрено раннее творчество В.И. Захарова-Холмского, собраны, изучены и проанализированы графические работы, малоизвестные книжные иллюстрации к произведениям художественной литературы.

В живописных и графических работах Вениамина Ивановича чувствуется явное стремление к самовыражению, они отличаются неординарностью решений. Это прослеживается в его офортах, линогравюрах и в иллюстрациях к произведениям литературы.

В поздние годы, мастер больше занимался живописью и к своей графике - книжным иллюстрациям, выполненным в ранние годы, относился, как он сам говорил, как к «шабашке». Порой для того чтобы подзаработать он обращался в то или иное издательство, чаще Южно-Уральское книжное издательство (г. Челябинск) и брал ряд заказов для оформления новых изданий. Но все же, к любой работе он относился со свойственной ему дотошностью и не допускал работы «спустя рукава». Именно в этих иллюстрациях художник нашел свой язык, свой стиль, который бесспорно отличает его от других мастеров книги и имеет свое толкование [1].

Художник прославился своими книжными иллюстрациями к таким произведениям как: калмыцкий эпос «Джангар», коми-пермяцкое «Сказания о Кудым-Оше и Пере-охотнике», древнерусское «Слову о полку Игореве» [2], эти работы получили наибольшее признание у зрителей.

Но кроме этих иллюстраций к произведениям литературы, которыми он стал известен, также существуют другие его книжные иллюстрации не менее выразительные, но почти неизвестные на сегодняшний день, так как они выполнялись мастером в ранние годы его творчества. Именно им хотелось бы уделить особое внимание.

---

\* Работа выполнена под руководством Савостьяновой Ю.А.

К ранним работам стоит отнести иллюстрации к отечественной прозе, к произведению коми-пермяцкого поэта и писателю Ивана Минина «Сто верст до города». В линейных, живых рисунках очень точно переданы черты главных героев произведения, причем мастер использует в своих иллюстрациях одну лишь, только линию и точно передает настроение и характер, как человека, так и природы. Его иллюстрации здесь очень похожи на быстрые зарисовки, но при этом чувствуется его знание и мастерство.



Рис. 1. Иллюстрация к произведению И. Минина «Сто верст до города»

Иллюстрации Вениамина Ивановича к литературному произведению Н. Бирюкова «Чайка» значительно отличаются от предыдущих книжных иллюстраций по стилистике, по художественному исполнению. Они жесткие и грубые, в них четко определены свет и тень. Здесь художественное исполнение мастера работает над образом героев самого произведения, и благодаря этой совместной работе у читателя четко представляются задуманные автором образы и возникают необходимые чувства и эмоции.



Рис. 2. Иллюстрация к произведению Н. Бирюкова «Чайка»

Особо живо и лирично представлена серия более поздних иллюстраций на пушкинскую тему выполненных в 2004 году, к сборнику статей о литературном наследии А.С. Пушкина. Художник продемонстрировал великолепное владение графическими приемами работы с тушью, быстро запечатлев образы главных героев и сюжетов, с той точностью и быстротой, которая присуща только мастеру. Его графический язык очень похож на зарисовки самого А.С. Пушкина, которые он делал к своим произведениям на пустых полях тетрадей-черновики. Такие же быстрые, смелые и, несомненно, очень чувственные.



Рис. 3. Иллюстрации к сборнику статей

Тот же прием четкого разделения света и тени прослеживается в иллюстрациях к сборнику стихов, рассказов, очерков для детей «Горизонт». Работы по-детски наивны и просты, но в тоже время в них присутствует то, что не сможет изобразить ребенок в своей работе, это под силу лишь профессиональному художнику.

Иллюстрации к сборнику рассказов и новелл «Ночная радуга», к книге-очерку Н.Н. Верзилова «Ясные берега» изданной в Пермском книжном издательстве и к сборнику стихотворений пермского поэта Алексея Домнина – это работы раннего периода творчества В.И. Захарова-Холмского они также заслуживают внимания и художественного анализа. К сожалению, данные произведения не сохранились в подлинниках, а мы их можем видеть только в изданных книгах, и те хранятся не в библиотеках нашего города, но нам удалось собрать это наследие воедино, пусть в копиях этих иллюстраций, но они открывают новую страницу в творчестве известного уральского мастера.

Как говорил сам художник: «Путь к совершенству бесконечен, это известная истина. Надо постоянно учиться. Учиться у Природы, у старых мастеров. Абсолютно самобытных художников не существует. Все мы «стоим на плечах друг у друга. Но у каждого большого художника, мастера есть свой стиль, его художественный язык, делающие его непохожим на других» [1].

Вениамин Иванович вобрал в себя мудрость книг, многовековые художественные традиции и, конечно же, школу величайших мастеров, создав свой собственный и неповторимый графический стиль.

#### Библиографический список

1. Захаров-Холмский. Альбом. Автор-составитель Абрамова М.Ф. Магнитогорск: Магнитогорский дом печати. 2012. 299 с.
2. Слово о полку Игореве / Вступит. статья и подготовка древнерусского текста Д. Лихачёва; Сост. и коммент. Л. Дмитриева; Худ. В.А. Фаворский. М.: Худ. лит., 1985.

УДК 711.58

### **АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РЕНОВАЦИИ СКВЕРА В МИКРОРАЙОНЕ 143 ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА**

Смирнова Д.П. (СДАб-15)\*

Основная архитектурно-дизайнерская концепция реновации сквера микрорайона № 143 в г. Магнитогорске - это создание комфортной среды общественного пространства для проведения досуга жителей города. Общественное пространство сквера делится на функциональные зоны: основная пешеходная, культурно-развлекательная, спортивная. Каждая зона учитывает интересы людей разных возрастных категорий и включает в себя благоустройство ландшафтной среды, и малые архитектурные формы.

Основная пешеходная зона, предназначенная для пешеходных и велосипедных прогулок, предусматривает замощенное тротуарной плиткой пешеходное пространство. Включает в себя центральную площадь с малыми архитектурными формами, и две второстепенные площади с клумбами и скамейками. Также предусмотрены симметрично расположенные входные группы.

Культурно-развлекательная зона включает пешеходные зоны, замощенные тротуарной плиткой и открытым пространством, засеянным газоном с зонами площадками для отдыха, которые делятся на два типа: 1) транзитные территории, включающие площадки со скамейками и уличным освещением;

---

\* Работа выполнена под руководством Казаневой Е.К.

2) уединенные зоны отдыха, отделенные от главной аллеи густой растительностью, к которым примыкают тропинки, усыпанные круглым гравием.

В сквере предлагается разместить детскую игровую площадку с резиновым покрытием, с учетом возрастных особенностей детей.

Спортивная зона включает в себя две площадки. Первая площадка с резиновым покрытием включает комплекс спортивных тренажеров, и вторая с асфальтобетонным покрытием представляет собой скейт-площадку.

Обеспечение необходимых функциональных и эстетических требований к пространству достигается на основе дизайнерского подхода к трактовке элементов ландшафта. На территории сквера предусматривается посадка деревьев, газонов, цветников и декоративной засыпки гравием, а также устанавливаются урны и уличные фонари.

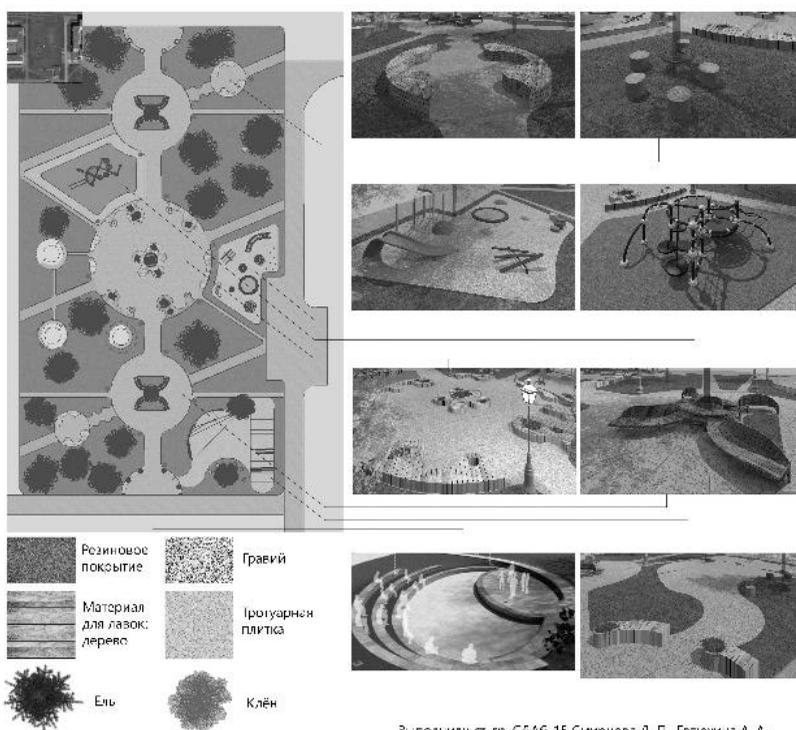


Рис. Эскизный проект благоустройства территории сквера в микрорайоне № 143 г. Магнитогорска

## Библиографический список

1. <http://base.garant.ru>.
2. СНиП 2.07.01-89: 4. Ландшафтно-рекреационная территория.
3. Свод правил СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий»  
Актуализированная редакция СНиП III-10-75.

УДК 711.58

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ ТК «ВЕСНА» В ГОРОДЕ МАГНИТОГОРСКЕ**

Спасеева Н.В. (СДАб-15)\*

Цель исследования - разработать эскизный проект экологического дизайна среды торгового комплекса «Весна», расположенного по адресу пр. Карла Маркса, 99, в г. Магнитогорске.

Задачи, исследования:

- 1) провести анализ экологического состояния ТК «Весна» и прилегающей территории;
- 2) предложить оптимальные решения для организации комплекса мероприятий по экологическому дизайну территории объекта.

Методы исследования: оценка территории и сбор фотоматериала; изучение литературы; градостроительный анализ объекта в среде; построение 3D модели.

Для определения недостатков и преимуществ здания, были рассмотрены его основные характеристики:

- назначение: торговый комплекс, масштаб – городской;
- парковка: наземная парковка на 50 мест, возле здания;
- характеристика основных трудовых процессов: торговля потребительскими товарами разного назначения;
- количество рабочих мест: ~ 170 человек;
- продолжительность рабочего времени: ежедневно с 10:00 до 22:00;
- количество посетителей: более 1500 чел./сут.;
- этажность: одноэтажное здание с цокольным этажом;
- конструкция: железобетонный каркас;
- типология объёмно-пространственного решения: параллелепипед с тремя выступающими вперёд объёмами;
- материал несущих элементов: железобетон, металл.

---

\* Работа выполнена под руководством Ульчицкого О.А.

- материал отделки интерьеров: керамическая плитка, металл, стекло, композитные панели;

- энергоэффективность оболочки здания: средне эффективная – утеплённый фасад, остекление 10% от общей площади поверхности здания;

- ориентация/ инсоляция здания (продолжительность инсоляции): север-запад-юг. Системы искусственного освещения: люминесцентное и светодиодное.

- эффективность работы инженерных систем здания: система центрального кондиционирования и приточно-вытяжной вентиляции, отопление, система пожаротушения, холодное и горячее водоснабжение, система видеонаблюдения;

- мероприятия по хранению, сбору и удалению отходов: общегородской вывоз мусора.

Проведя анализ архитектурной среды торгового комплекса и прилегающей к нему территории, мы можем выделить следующие соответствия современным требованиям:

1) здание торгового комплекса технически не устарело; архитектурное решение облика здания можно признать актуальным;

3) расположение автомобильной парковки перед зданием ТК максимально удобное;

4) подъезд для инвалидов с тротуара к центральному входу в здание полностью выполняет свою роль.

Были выявлены следующие недостатки:

1) поверхности стен и кровли ТК не выразительные;

2) территория перед зданием используется не целесообразно;

3) парковка организована без учёта интересов инвалидов;

4) пешеходный переход находится в стороне от главного входа в здание.

В процессе анализа здания ТК «Весна» был разработан проект экодизайна его архитектурной среды.

Был проведён комплексный анализ экологического состояния ТК «Весна» и прилегающей к нему территории. Предложены оптимальные решения для организации комплекса мероприятий по экологическому зонированию территории объекта.

Характеристика здания (расположения, процессов, мест приложения труда)		Характеристика здания (элементов, поверхностей, инженерных сетей)
	Адрес: Россия, Челябинская область, Магнитогорск, проспект Карла Маркса, 99	
	Назначение здания: Торговый комплекс, масштаб - городской	
	Доступность объекта в городской среде:	
	 <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">—</span> - здание ТК «Весна»</li> <li><span style="color: green;">—</span> - пешеходные пути</li> <li><span style="color: orange;">—</span> - дороги местного назначения</li> </ul>	
	Количество парковочных мест: Наземная парковка рассчитана на 50 мест. Расположена перед ТК Взаимосвязь объекта недвижимости с соседними зданиями и прилегающей застройкой:	
		
	 	
	Характеристика основных трудовых процессов, протекающих в здании: Торговля потребительскими товарами разного назначения	
	Количество рабочих мест - около 170 человек Продолжительность рабочего времени - ежедневно с 10:00 до 22:00 Количество посетителей - более 1500 человек/сутки	
Этажность здания: Одноэтажное здание (имеется цокольный этаж)		
Конструкция: Железобетонный каркас		
Типология объемно-пространственного решения: Параллелепипед с тремя выступающими объемами		
Материал несущих элементов: Железобетон, металл		
Материал отделки фасадов: Керамическая плитка, стекло, металл, композитные материалы		
Материал отделки интерьеров: Керамическая плитка, металл, стекло		
Энергоэффективность оболочки здания: Среднеэффективная - утепленный фасад, остекление 10 % от общей плоскости поверхности здания		
Цветовое решение наружной оболочки здания, покрытия, кровли:		
Ориентация/инсоляция здания (продолжительность): С севера на юг		
Системы искусственного освещения: Локальное и светодиодное освещение Световое загрязнение зданиями окружающей среды в темное время суток:		
		
Эффективность работы инженерных систем здания: Система центрального кондиционирования и приточно-вытяжной вентиляции; отопление: система пожаротушения; холодное и горячее водоснабжение; система видеонаблюдения		
Мероприятия по хранению и сбору отходов: Городской вывоз мусора		

Выполнил: студент гр. СДМ-15, Слепченко Н.В.  
Руководитель, кандидат архитектуры, доцент Ушакович С.А.

Рис.1. Комплексный анализ характеристик здания ТК «Весна» и прилегающей к нему территории



Рис. 2. Проект экологического дизайна архитектурной среды ТК «Весна»

Библиографический список

1. Федосихин В.С., Феропонтов А.Ю. Экология, градостроительство и архитектура Магнитогорска (экологические основы архитектурного

- проектирования): Конспект лекций. Магнитогорск; МГТУ им. Г.И. Носова. 2001. 164 с.
2. Сухунина, Е.А. Экологические нормативы в архитектурно-градостроительном проектировании: дис. канд. арх.: 05.23.20.Т.1. Саратов, 2014. 165 с.
3. Экология: учеб. пособие / под ред. В.В. Денисова ; 2-е изд., перераб. и доп. М. : ИКЦ «МарТ», 2004. 672 с.
4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23.11.2009.
5. САР-СПЗС 1.1.М. 2011 Малоэтажные здания.
6. Экостроительство в России. Электронный ресурс. Режим доступа: [www.rugbc.org/ru](http://www.rugbc.org/ru).

УДК 711.58

## **ПРОЕКТ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИИ 142 МИКРОРАЙОНА ГОРОДА МАГНИТОГОРСКА**

Харитонов А.Д. (СДАб-15)\*

Территория 142 микрорайона находится в Орджоникидзевском районе г. Магнитогорска, в относительно экологически чистой части города. Микрорайон был построен в 1970-80 гг., имеет типовую планировку.

В качестве объекта для реализации проектов университета, в рамках программы «Комфортная городская среда» администрацией города была предложена для разработки территория 142 микрорайона города Магнитогорска.

Исследуемой территорией является микрорайон, который включает в себя группы жилых 5-ти и 9-ти этажных домов, два детских сада, школу, ФОК, спортивные площадки, пешеходную алею. На территории жилой застройки расположены большие пространства дворов и практически полностью отсутствует благоустройство и зонирование площадок, территория находится в запустении. На достаточно обширной территории очень много пространства, которое никак не используется. Благоустройство площадок не производилось в течение десятков лет. Полуразрушенные скамейки, спортивная площадка и несколько элементов игрового детского оборудования, это все, что есть на данной территории.

---

\* Работа выполнена под руководством Ульчицкого О.А.

К положительным сторонам можно отнести то, что территория находится на удаленном расстоянии от транспортного движения. Детские площадки находятся на безопасном расстоянии от дорог, благодаря чему дети могут играть, не опасаясь машин.

К отрицательным сторонам микрорайона относится отсутствие парковочных мест возле детских садов.

По результатам исследования разработаны варианты архитектурно-дизайнерской концепции по сохранению квартала с организацией комфортабельной среды для жителей данной территории. Было проведено зонирование территории. Квартал был разделен на 5 функциональных зон, а именно, зона для дошкольников и детей постарше, зона отдыха, спортивная площадка, зона для школьников и зона с солнечными часами.

Зона для дошкольников включает в себя детское игровое оборудование, детскую велосипедную дорожку, места для отдыха, как детей, так и родителей.

Зона для школьников насыщена спортивным игровым оборудованием и местами для пассивного отдыха, что позволяет активным детям после школы направить свою энергию в нужное русло, а для детей, которые предпочитают более спокойное время препровождения, было разработано оборудование в виде цифр.

Спортивная зона (существующая) представляет собой огороженное футбольное поле и тренажерное оборудование.

Зона с солнечными часами включает в себя солнечные часы, и места для сидения, эта территория расположена на открытом участке, не затенена деревьями.

Обеспечение необходимых функциональных и эстетических требований к территории достигается путем дизайнерского подхода к элементам ландшафта. На территории микрорайона предусматривается высадка хвойных пород деревьев, газонов, цветов, декоративная засыпка гравием, а так же установка фонарей и урн.



Рис. Эскизный проект реабилитации территории 142 микрорайона г. Магнитогорска

Таким образом, была разработана концепция, соответствующая современным требованиям к благоустройству территории, суть которой в открытости и доступности среды жилой внутриквартальной территории, ее зонирование в соответствии с потребностями жителей района.

## Библиографический список

1. Федосихин В.С., Феропонтов А.Ю. Экология, градостроительство и архитектура Магнитогорска (экологические основы архитектурного проектирования): Конспект лекций. Магнитогорск; МГТУ им. Г.И. Носова. 2001. 164 с.
2. Карта Магнитогорска: улицы, дома и организации города. Электронный ресурс. <https://2gis.ru/magnitogorsk>.
3. Экология : учеб. пособие / под ред. В.В. Денисова ; 2-е изд., перераб. и доп. М. : ИКЦ «МарТ», 2004. 672 с.

УДК 069.01

### **СОБРАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ФОНДА МАГНИТОГОРСКОГО ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКОГО МУЗЕЯ**

Шарафуллина А.А. (ФИДПОб-13)\*

В рамках выполнения курсового проекта по дисциплине «История изобразительного искусства» была проведена исследовательская работа по сбору и изучению материала из собрания магнитогорского историко-краеведческого музея, а именно работа в художественном фонде музея. С группой студентов мы занимались оцифровкой художественных произведений этого собрания. В статье освещен ход выполняемой работы и отмечены некоторые произведения из этой коллекции.

Магнитогорский краеведческий музей был основан в годы Великой Отечественной войны. Решение о его организации было принято 31 августа 1944 года исполкомом Магнитогорского Совета депутатов трудящихся, а уже в августе 1945 года оно было утверждено постановлением Совета Народных комиссаров РСФСР: «Разрешить Челябинскому облисполкому организовать с 1 января 1946 года, в городе Магнитогорске краеведческий музей» (А. Косыгин) [2].

Первым директором музея был Дмитрий Вербанович Петков (9 октября 1910 г. – 2 декабря 1969 г.) – человек, который сыграл немалую роль в становлении краеведческого музея. Эту должность он занимал с 1945 г. по 1954 г. и, формируя основные задачи музея, Петков писал: «Воссоздать историю Магнитогорска и отобразить его роль и значение для нашей Родины может и должен краеведческий музей».

Изначально музей находился в освобожденном госпитале № 1725 школы № 31. И уже через год, после победы русских над фашистами, в

---

\* Работа выполнена под руководством Савостьяновой Ю.А.

этом здании состоялась первая выставка, а если быть точнее именно 19 мая 1946 года краеведческий музей открыл свои двери для того, чтобы представить две экспозиции: «Великая Отечественная война» и «История горы Магнитной». Экспонатов было представлено не много, так как фонд начали собирать совсем недавно. При этом особое внимание уделялось советскому периоду: гражданская война, строительство ММК, Великая Отечественная война, первые пятилетки, съезды коммунистических партий и т.д. Очень четкими были идеологические установки, как по сбору материалов, так и по экспозиционной работе: «Советские музеи являются действительным средством пропаганды коммунистических идей, коммунистического мировоззрения и, тем самым, коммунистического воспитания» [2].

Со дня основания фонды краеведческого музея активно пополнялись за счет археологических раскопок, многие материалы собирались сотрудниками музея в экспедициях, что-то было получено в дар или приобретено у непосредственных участников событий, а также создано таксидермистами – мастерами по изготовлению чучел.

Что касается художественно фонда музея, он насчитывает несколько сотен работ, большинство из которых подлинники. Такая большая коллекция произведений искусства в краеведческом музее появилась, в связи с тем, что раньше это был единственный городской музей, чаще всего сами художники, различные организации и коллекционеры в разные годы передавали в дар музею художественные произведения. В фонде находятся работы, как местных, так и иногородних художников, представлены такие виды искусства как живопись, графика, плакат, театральное искусство, скульптура и ДПИ.

Практическая часть заключалась в том, чтобы оцифровать данный фонд, т.е. сделать фотографии живописных полотен, рисунков, эскизов и т.п., фотографии обработать и составить каталог. Провести атрибуцию каждой работы, т.е. записать имя автора, материал, технику, год, размер, инвентарный номер и другие известные сведения.

Работа проводилась в течение полугода, фотосъемка производилась в выставочном зале краеведческого музея. Освещение было специально настроено и отрегулировано, использовались лампы дневного накаливания, данный свет позволил создать максимально благоприятные условия для подобной работы. При необходимости художественные произведения «раздевались» т.е. с графических работ убирались рамки, стекла, паспарту, затем снимались размеры. В процессе съемки был использован фотоаппарат NIKON D3200, обработка материала производилась в программе Adobe Photoshop.

Основная тематика работ коллекции художественного фонда производственная - строительство комбината и города Магнитогорска, портреты выдающихся людей, передовиков производства, героев ВОВ.

Также представлены индустриальные пейзажи и живописные этюды родного края – Уральской и Башкирской природы.

Всего было отснято около 700 работ – это живопись и графика. Работы Платунова Михаила Георгиевича представляют собой большую ценность, так как они были выполнены еще в 1920-40-е гг. В основном это пейзажи Урала и портреты людей разных профессий, объединенных сильным духом и стремлением создать что-то новое, лучшее для будущего поколения. Некоторые портреты были напечатаны издательством «Советский художник» в серии «Люди труда в изобразительном искусстве» под названием «Так рождалась Магнитка».

Также представлены работы Соловьева Георгия Яковлевича. Этот художник полностью посвятил свои многочисленные произведения строительству ММК, Магнитогорска и труду людей. Его работы датируются 1940-50 годами.

Четырнадцать великолепных пейзажей, из фонда, принадлежат живописцу из Варшавской губернии Любелскому Михаилу Симховичу, который приехал на постоянную работу в Магнитогорск в 1953 г., а с 1981 года стал членом СХ СССР.

Еще одним заслуженным художником Магнитогорска является Разин Федор Георгиевич. В музее находится двенадцать его работ, среди которых есть портреты, пейзажи, виды ММК и тематические полотна 1960-80 гг.

В музее имеются работы Рябова Николая Петровича – магнитогорского художника, который работал в станковой живописи и графике. В фонде находится 8 живописных портретов мастера.

Вениамин Иванович Захаров-Холмский, член СХ России – в ранний период творчества художника излюбленной техникой являлись: литография, линогравюра, офорт, рисунок. Основные жанры – пейзаж, портрет, натюрморт и тематическая картина. В музее хранится шесть его линогравюр и несколько портретов, выполненных мягким материалом.

Фонд краеведческого музея хранит прекрасную серию работ «Мой город» (1987 г.) Ивана Дмитриевича Сороки, которая состоит из 3-х офортных листов, на которых изображены улочки нашего города. Художник работает в печатной (офорт, сухая игла, линогравюра) и уникальной графике (рисунок, акварель, пастель) в поздние годы больше занимается живописью. Основные жанры – пейзаж, натюрморт.

Также музею принадлежит акварельная работа под названием «Уральская осень» недавно ушедшего из жизни Заслуженного художника Константина Прокопьевича Черепанова – магнитогорского живописца, прикладника, мастера «предметных композиций».

В заключение хотелось бы отметить, что данная коллекция достаточно разнообразна и заслуживает большого внимания для изучения и экспонирования.

## Библиографический список

1. Савостьянова Ю.А., Полищук А.В. Роль студентов в создании электронного каталога художественного фонда Магнитогорского историко-краеведческого музея // Природное и культурное наследие Урала : материалы IX всерос. науч-практ. конф. / редкол.: В.Я. Рушанин, и др.; Челяб. гос. ин-т культуры. Челябинск: ЧГИК, 2018. С. 238.
2. Старикова Г.И. Исторический путь магнитогорского краеведческого музея. Нашей истории строки: историко-краеведческий сборник / отв. ред. А.А. Иванов. Еманжелинск: Издательство ООО «Феникс», 2005. С. 127-144.

УДК 621.787

### **ВЫБОР СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ В ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРАХ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Бахтеева Л.Р. (ГД-16-4)\*

Извлечение ценного компонента из техногенного сырья является одним из важных условий реализации безотходного производства. Из отходов колчеданных руд медь возможно извлечь выщелачиванием. В рамках научно-исследовательской «студенты-обогащители» изучают выщелачиваемость меди из хвостов обогащения и шлаков перколяцией. Для анализа полученных продуктивных растворов необходим метод, который прост в исполнении и имеет достаточную для инженерного лабораторного эксперимента точность.

Для определения меди были выбраны два метода, которые могут быть реализованы в наших условиях: фотометрическое определение аммиакатных комплексов меди и йодометрическое титрование.

Фотометрический метод один из самых старых и распространенных методов физико-химического анализа. Его отличает сравнительная простота необходимого оборудования, высокая чувствительность и возможность применения для определения почти всех элементов периодической системы и большого количества органических веществ.

Фотометрический метод основан на измерении оптической плотности (А) синего раствора аммиаката меди (II), полученного в результате реакции:  $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$  и использовании

---

\* Работа выполнена под руководством Ореховой Н.Н.

функциональной зависимости оптической плотности от концентрации  $C_u$  (II) согласно закону Бугера-Ламберта-Бера  $A = I(I) = I_0 e^{-k \cdot l}$ .

Для приготовления стандартного раствора соли меди  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  (раствор I с концентрацией иона меди 1 мг/мл): 3,927 г химически чистого сульфата меди  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  перенесли в мерную колбу вместимостью 1000 мл, растворили, прилили 5 мл концентрированной серной кислоты (пл. 1,84 г/см<sup>3</sup>) и довели водой до метки.

Приготовили раствор сравнения для построения градуировочного графика, для чего 10 мл разбавленного (1:3) аммиака перенесли в мерную колбу вместимостью 100 мл, добавили одну каплю концентрированной серной кислоты и довели дистиллированной водой до метки (нулевой раствор). Для построения градуировочного графика и определения длины волны приготовили модельные растворы. Для этого из стандартного раствора I приготовили 5 стандартных растворов. В пять мерных колб вместимостью 100 мл отмерили бюреткой соответственно 20, 15, 10, 5, и 2,5 мл стандартного раствора соли меди. В каждую из колб прибавили по 10 мл разбавленного (1:3) раствора аммиака и довели объемы дистиллированной водой до метки.

Измерение оптической плотности  $A$  начинается с раствора, имеющего наибольшую концентрацию меди. Для этого раствор из колбы налили в кювету рабочей шириной 1 см, закрыли кювету крышкой и измерили оптическую плотность раствора при желтом и красном светофильтрах. Выбрали светофильтр, при котором наблюдается максимум поглощения раствора – длина волны 590 нм. Измерив оптическую плотность  $A$  всех растворов, построили градуировочный график (рис. 1).

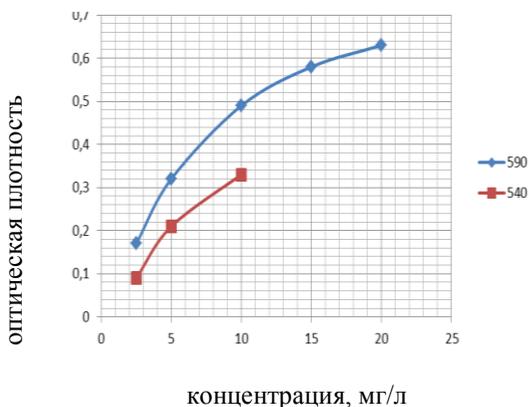


Рис. 1. Градуировочные графики

С использованием графика определили концентрацию меди в полученном продуктивном растворе, концентрация меди в котором была предварительно определена в химической лаборатории СФ УГОК. Погрешность определения составила менее 5 %.

Зная оптическую плотность, нашли по градуировочному графику концентрацию иона меди в мг на 1 мл раствора, умножив ее на объем всего анализируемого раствора, можно вычислить общую массу меди в нем.

Таблица 1  
Результаты определения концентрации

Оптическая плотность	Расчетная концентрация меди по графику, мг/л	Концентрация в вытяжке, мг/л	Погрешность, %
0,105	1,75	1,7	2
0,106	1,76		3
0,108	1,78		4

Йодометрическое определение меди имеет большое практическое значение. Оно используется при анализе бронз, латуней, медных руд и т.д. При соблюдении всех условий данный метод определения меди является точным и экспрессным.

Анализ проходит в 3 стадии: подготовка пробы, титрование до обесцвечивания раствора, расчет по формуле.

В основе йодометрического метода лежит реакция в кислой среде окислителя и калий йода. Для более точного определения момента эквивалентности используют крахмал, играющих роль индикатора на присутствие йода и образующихся с ним интенсивно окрашенный в синий цвет соединение:  $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{I}^- \rightarrow 2\text{CuI}(\text{r}) + \text{I}_2$ .

Далее раствор титруем до обесцвечивания:  $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$

Расчет:  $m_{\text{Cu}} = (N \cdot V_{\text{сп}} \cdot \text{Э}) / (1000 \cdot V_{\text{п}})$ , где N – нормальность раствора тиосульфата натрия;  $V_{\text{сп}}$  – средний объем тиосульфата натрия, прошедший титрование, мл; Э – окислительный эквивалент меди, равный 63,54;  $V_{\text{п}}$  – объем пробы, мл.

Провели определения меди в модельных растворах медного купороса, приготовленных на дистиллированной воде и на продуктивном растворе, полученном при агитационном выщелачивании клинкера 4 % раствором серной кислоты. Результаты измерений (табл. 2, 3) показали точность метода при анализе поликомпонентных растворов снижается.

Таблица 2

Результаты анализа раствора, приготовленного на дистиллированной  
воде

[Cu] в модельной пробе, мг/л	Объем $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мл	[Cu] расчетная, мг/л	Погрешность	
			абсолютная, мг/л	относительная, %
1,0	0,15	0,78	-0,22	22
,0	0,45	2,26	0,26	13
3,0	0,7	3,42	0,42	14
3,7	1,1	5,21	1,51	40
6,7	1,6	7,18	0,48	7

Таблица 3

Результаты анализа продуктивного раствора

[Cu] в продуктивном растворе, мг/л	Полученная концентрация меди, мг/л	Погрешность, %
30,6	35,6	16
35,6	46,3	30
35,2	30,6	13

Определение концентрации в растворах, приготовленных на дистиллированной воде, имеет относительную погрешность от 7 до 40 %.

Учитывая большую относительную погрешность, требуется дополнительная адаптация йодометрического метода путем избегания мешающего влияния Fe(III) введением в раствор фторид- или пиррофосфат-ионов, образующих с  $\text{Fe}^{3+}$  прочные комплексы, которые уже не восстанавливаются иодидом.

После дополнительной адаптации йодометрического метода, определение меди в продуктивных растворах сможем делать сами. Более высокие концентрации, попадающие в диапазоне графика – фотометрически, более низкие концентрации – йодометрически.

## ИЗУЧЕНИЕ ФЛОТИРУЕМОСТИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ НОВЫМИ РЕАГЕНТАМИ

Искужина А.А. (ГД-14-4), Бугайцов Д.Е. (ГД-15-4)\*

В настоящее время проблема извлечения золота из сульфидных руд коренных месторождений является актуальной, т.к. в последние годы вследствие отработки легкообогатимых богатых песков россыпей сохранение ежегодного производства золота возможно только с освоением труднообогатимых месторождений природного и техногенного происхождения, в том числе сульфидных руд.

При обогащении золотосодержащих сульфидных руд цветных металлов, в частности медно-пиритных и колчеданных медно-цинковых руд, извлечение золота по гравитационно-флотационным схемам составляет 12- 65 % в товарные концентраты (табл. 1), а остальное золото теряется с хвостами или приходится на пиритный концентрат, который сегодня является невостребованным и, по сути, представляет тоже отход производства.

Таблица 1

Извлечение золота в концентраты при гравитационном и флотационном методе обогащения [1]

Наименование продукта	Извлечение золота, %	Наименование продукта	Извлечение золота, %
Медный концентрат	10-60	Отвальные хвосты	15-30
Цинковый концентрат	2-4	Пиритный концентрат	До 80

Поэтому, на сегодняшний день актуальна проблема извлечения золота из пиритных хвостов [4]. Пирит является наиболее распространенным минералом золотосодержащих медно-цинковых месторождений и концентрирует золото. Многочисленные исследования сульфидных руд показали, что золото в них преимущественно мелкое и тонкодисперсное от 0,1 до 150 мкм и в виде пленок по пириту. Повысить эффективность флотационного извлечения золота возможно путем создания новых сочетаний селективных реагентов направленного

---

\* Работа выполнена под руководством Леонтьевой Е.В., Ореховой Н.Н.

действия и традиционных реагентов-собирателей, обеспечивающих прочное гидрофобное покрытие именно на золоте.

Для проведения поисковых опытов в лабораторных условиях, сегодня используют оригинальные методики искусственного обогащения частиц пирита благородными металлами [2, 3]. На пирит наносят золото коллоидное или осаждают золотохлористоводородной кислотой или её соли ( $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$ ). Например такая методика использована Ивановой Т.А. для исследования нового реагента пергидро1,3,5-дитиазин-5-ил-метана (МТХ) [2]. Исследование выполнено на измельченных до крупности  $-0.07 + 0.045$  мм образцах золотосодержащего пирита, искусственно обогащенных коллоидным золотом.

В нашей работе мы начали изучение флотационного действия реагента дифенилгуанидина (ДФГ) с определения краевого угла смачивания, для чего каплю воды наносили на озолоченный пирит после контакта его поверхности с раствором ДФГ.

Для изучения использовали аншлиф пирита, на который искусственно нанесли частицы золота следующим образом. Растворили навеску золота массой 0,7443 гр. в царской водке, выпарили на водяной бане и перерастворили остаток в разбавленной соляной кислоте (разбавление 1:3). Полученный 0,0026 моль/л раствор ( $0,5 \text{ дм}^3$ ,  $\text{pH} \approx 1$  по шкале универсальной индикаторной бумаги) разбавили дистиллированной водой 1:3, до концентрации  $6 \cdot 10^{-4}$  моль/л ( $\text{pH} \approx 3$ ). Шлиф пирита ополаскивали ацетоном, дистиллированной водой и затем на  $\frac{1}{2}$  его высоты погружала в рабочий раствор с золотом на 30 минут. После извлечения промыли и высушили на воздухе. Затем шлиф был погружен на 30 минут в раствор ДФГ с концентрацией порядка 10-3 моль/л ( $\text{pH} \approx 4$ ).

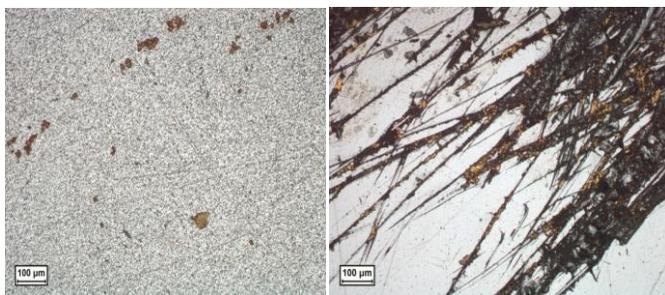


Рис. 1. Микроскопические изображения поверхности шлифа при увеличении в 100 раз

Провели микроскопический анализ поверхности шлифа (рис. 1). По результатам оптической микроскопии видно, что золото в основном сконцентрировалось в трещинах и царапинах, а не на полированной поверхности. Однако данные электронной микроскопии подтверждают наличие и на полированной поверхности золота в виде полусфер со средним диаметром 50-100 нм.

Далее мы изучали влияние реагента ДФГ на смачиваемость минерала, при различной концентрации и рН среды. Аншлиф пирита с нанесением золота опускали в раствор ДФГ нужной концентрации при рН=3-4 в кислой среде. Затем наносили три одинаковые капли и при помощи увеличителя зарисовали проекцию каждой капли. По тригонометрической формуле рассчитали краевой угол смачивания.

Наибольший краевой угол получился при концентрации ДФГ=62.5мг/дм<sup>3</sup> составил =68,9 градусов (табл. 2). Затем при данной концентрации мы изменяли рН раствора от 5 до 10. Наиболее оптимальным диапазоном рН также оказался интервал 3-4. Сопоставимый краевой угол смачивания получен при рН 10,7.

Закономерности изменения значений Q при росте рН от 3 до 7 коррелируют с известной зависимостью снижения флотиремости пирита при повышении рН. Точка 10,7 рН выбивается из данной закономерности.

Таблица 2

Влияние концентрации ДФГ и рН раствора на величину краевого угла смачивания

Реагент, концентрация, мг/дм <sup>3</sup>	r	h	θ, град.	рН
Без реагента	5	3,5	63,9	
ДФГ 31,25	1,85	1,2	65,7	3-4
ДФГ 62,5	1,75	1,2	<b>68,9</b>	3-4
ДФГ 125	7,5	4,5	61,9	3-4
ДФГ 250	4,5	5	62,6	3-4
ДФГ 500	7	4,5	65,1	3-4
ДФГ 62,5	1,9	1,1	60,6	5,3
ДФГ 62,5	1,8	1	58,6	7,3
ДФГ 62,5	1,7	1,1	65,7	10,7

Таким образом, для дальнейших флотационных опытов с применением трубки Халлимонта выбрана область значений параметров, центром которой является концентрации ДФГ=62.5мг/дм<sup>3</sup> и рН 3,5 и 10,7.

## Библиографический список

1. Борисков Ф.Ф., Филиппова Н.А., Макаранец Л.О. Перспективы переработки пиритных хвостов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2003. № 9.
2. Матвеева Т.Н., Громова Н.К., Иванова Т.А., Чантурия В.А. Физико-химическое воздействие модифицированного диэтилдитиокарбамата на поверхность золотосодержащих сульфидов при флотации руд благородных металлов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 5. С. 147-156.
3. Иванова Т.А., Чантурия В.А., Зимбовский И.Г. Новые способы экспериментальной оценки селективности реагентов-собирателей для флотации золота и платины из тонковкрапленных руд благородных металлов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 5. С. 127-137.
4. Бочаров В.А. и др. Особенности извлечения золота из золотосодержащих сульфидных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2004. № 12.

УДК 658.3

## ПРОФИЛАКТИКА ТЕКУЧЕСТИ ПЕРСОНАЛА И УСТОЙЧИВОСТЬ КАДРОВ

Бакиева А.В. (4-УП)\*

В настоящее время большинство сфер российской экономики и управления испытывают дефицит высококвалифицированных кадров. Вкладывая огромные средства в привлечение, развитие и удержание персонала, российские предприятия сталкиваются с текучестью кадров, обусловленной влиянием различных социальных, экономических, психологических и других факторов.

Текучесть кадров – явление далеко не новое и широко изучалось как во времена СССР, так и в кризисные периоды перехода к рыночным отношениям.

В экономической и социологической литературе тех лет особое внимание уделялось вопросам снижения текучести персонала и стабилизации трудовых коллективов, диагностики состояния и выявления причин текучести, а также методам ее предотвращения. При этом следует отметить, что уровень текучести кадров на советских

---

\* Работа выполнена под руководством Алексеева О.А., Гмызиной Н.В.

предприятиях был значительно ниже, чем сегодня, когда в некоторых компаниях текучесть кадров достигает 100 % в год.

В советской экономической литературе и в хозяйственной практике существовало понимание текучести кадров как неуправляемого стихийного процесса, вызывающего исключительно негативные последствия и подлежащего полному устранению. Текучесть персонала воспринималась как угроза нарушения важнейших характеристик трудовых коллективов - стабильности и сплоченности.

Выделяют следующие виды текучести кадров: внутриорганизационная (трудовое перемещение внутри предприятия); внешняя (трудовое перемещение между предприятиями, отраслями и сферами экономики). Впрочем, первый вид больше относится к внутриорганизационному движению персонала, а не к текучести как неконтролируемому перемещению. С точки зрения времени реализации неконтролируемых перемещений работников различают реальную (зафиксированные по факту неорганизованные увольнения) и потенциальную текучесть (намерения работников сменить место работы). При оценке ситуации с текучестью кадров на предприятии и планировании профилактических мероприятий следует уделять особое внимание именно потенциальной текучести, выявлять причины скрытой неудовлетворенности работника настоящим рабочим местом с целью недопущения перехода потенциальной текучести в реальную фактическую текучесть. Как показывают исследования, распространенными и довольно типичными причинами текучести являются [2]: 1) необъективная структура оплаты труда; 2) непостоянная заработная плата; 3) неудобное время работы; 4) недостаток качественных условий труда; 5) деспотический процесс управления; 6) проблемы с проездом до места работы; 7) отсутствие повышения квалификации; 8) отсутствие адаптации новых сотрудников к условиям работы; 9) жесткий контроль.

С точки зрения демотивации персонала, приводящей к текучести, можно выделить следующие группы факторов: 1) отсутствие материальной заинтересованности и производственной безопасности; 2) неудовлетворенность социальной политикой; 3) неудовлетворенность социально-трудовыми отношениями в коллективе; 4) необъективное руководство; 5) невозможность реализации творческих возможностей работника.

Фактор «отсутствие материальной заинтересованности и производственной безопасности» включает в себя неудовлетворенность заработной платой; социальными условиями; ненормированным рабочим днем; неразвитой инфраструктурой офиса; удаленность от места жительства; а также тяжелые условия труда.

Фактор «неудовлетворенность социальной политикой» включает в себя нестабильность, неуверенность в завтрашнем дне; отсутствие возможности работать по свободному графику; наличие командировок; отсутствие программы добровольного медицинского страхования; отсутствие программы связанной с воспитанием и обучением детей; а также отсутствие консультативных услуг сотрудникам.

Фактор «неудовлетворенность в коллективе» включает в себя неудовлетворенность социально-психологическим климатом в коллективе; качество делового общения (слаженность взаимодействия подразделений); отсутствует процесс адаптации нового сотрудника в коллективе (введение в коллектив); отсутствие корпоративных мероприятий (праздники, выезды); а также трудовая дисциплина.

Фактор «необъективное руководство» включает в себя недостаточное материальное вознаграждение; отсутствие возможности стажировок, повышения квалификации; отсутствие возможности проявить инициативу и работать самостоятельно; а также отсутствие внимания, одобрения и объективной оценки со стороны руководства.

Фактор «невозможность реализации творческих возможностей работника» включает в себя невозможность в полной мере реализовать свои знания, опыт и навыки; выполняемые функции, не соответствовали уровню вашей квалификации; отсутствие условий для профессионального роста; отсутствие интересной и содержательной работы; а также профессионализм.

Указанные факторы также следует диагностировать и учитывать при разработке комплекса мероприятий по профилактике текучести.

Комплекс профилактических мероприятий по снижению текучести и обеспечению устойчивости кадров может охватывать следующие направления:

- обеспечение качественного подбора персонала (для этого необходимо подобрать квалифицированных специалистов, соответствующих корпоративной культуре предприятия, при этом, их ценности, взгляды и цели должны отвечать целям предприятия);

- разработка программы развития персонала, необходимые для формирования лояльности сотрудников (например, прохождение курсов повышения квалификации приводят к совершенствованию навыков);

- формирование конкурентоспособного компенсационного пакета, включающего в себя премии и бонусы за достижения, систему льгот;

- обеспечение причастности персонала. Сотрудникам необходимо понимать то, что их идеи могут внести вклад в развитие и процветание предприятия. Для этого с сотрудниками следует проводить беседы по участию в делах предприятия, организовывать практики группового принятия решений, а также информировать их об изменениях,

происходящих на предприятии, о его финансовом состоянии, изменениях в кадровой политике и т.д. [3].

Необходимо исключить из практики управления принуждение сотрудников к работе сверхурочно или по выходным дням. По возможности для отдельных категорий сотрудников можно ввести гибкий график с условием достижения высоких результатов работы. Разработка профилактических мероприятий с учетом их мотивационного эффекта позволит с одной стороны, уменьшить текучесть персонала, а с другой – повысить его результативность.

#### Библиографический список

1. Артеменко В.Г., Беллендир М.В. Основы бизнеса. Москва: ДИС, 2002. 315 с.
2. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент. Москва: БЕК, 2005. 315 с.
3. Любинова Н.Г. Менеджмент – путь к успеху. Москва: Агроиздат, 2015. 630 с.
4. Карасева Н. В. Выбор показателей результативности в стратегическом управлении предприятием / Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2013. Т. 4. № 8. С. 214-219.
5. Клейменова Л.В. Проблемы формирования кадровой политики в условиях кризиса / Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. № 5. С. 113-116.