

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

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

**Материалы 74-й международной
научно-технической конференции**

Том 1

Под редакцией В.М. Колокольцева

Магнитогорск
2016

Редколлегия:

В.М. Колокольцев (главный редактор),
М.В. Чукин (зам. главного редактора), Г.С. Гун,
Н.А. Осинцев, А.С. Харченко, Е.Г. Нешпоренко, М.В. Шубина,
Э.П. Чернышова, Н.В. Кузнецова, Е.В. Олейник, Н.Н. Макарова,
Л.В. Смирнова, Н.Н. Котляр,
С.В. Пыхтунова (отв. редактор)

*Сборник входит в базу данных
Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)*

Актуальные проблемы современной науки, техники и образования:
материалы 74-й международной научно-технической конференции / под
ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн.
ун-та им. Г.И. Носова, 2016. Т.1. 289 с.

В сборнике представлены доклады победителей конкурса на лучший доклад 74-й научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ 2015–2016 гг.

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2016

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ТРАНСПОРТА

УДК 622.281

П.В. Волков, В.В. Латкин, Р.В. Кульсантов, А.С. Тарабаев

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНОГО МАССИВА ДЛЯ ПРАВИЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА КРЕПИ

Аннотация. *Выполнен анализ методик расчета устойчивости горного массива и видов крепи для определенных горно-геологических условий по соответствующим категориям устойчивости.*

Ключевые слова: *расчет устойчивости горного массива, методика расчета крепи, вид крепи.*

В настоящее время расчет устойчивости горного массива и соответствующий выбор видов крепи является одной из основных задач в период проектирования подземных сооружений на рудных месторождениях. Каждая методика предполагает собственный расчет и классификацию категорий устойчивости, но проблемой является то, что при определенных горно-геологических условиях положения методик разнятся, а именно различается выбор категорий устойчивости и рекомендуемые виды крепей.

В мировой практике во время предварительных проектных расчетов, когда не имеется детальной информации о массиве горных пород, давлении и гидрогеологических характеристиках, используются классификации массивов горных пород по критерию устойчивости [1].

Одной из первых попыток соотнести показатели устойчивости массивов горных пород к принятию определенных решений на их основе была сделана в 1879 г. В. Риттером. Важным этапом в развитии горной науки явились исследования проф. М.М. Протодяконова, опубликованные в горном журнале 1907 г. Также серьезный вклад в развитие внесли академик Л.Д. Шевяков, К. Терцаги. [2,3,4].

В настоящее время основными методиками расчета устойчивости массива и выбора крепи, применяемыми на рудных месторождениях в Уральском регионе, являются: СП 91.13330.2012 «Подземные горные выработки»; «Балльная система» для определения категории устойчивости массива и выбора вида и параметров крепи; Критерий Дири (RQD); Рейтинговая классификация породных структур Викхема (RSR); Геомеханическая классификация Бенявского (RMR); Критерий устойчивости Н. Бартона (Q).

В Своде Правил 91.13330.2012 в качестве основных расчетных исходных данных для определения параметров крепи выработки принимаются: расчетная глубина размещения выработки; расчетные значения физико-механических свойств горных пород; расчетные характеристики материалов крепи и заполнителя.

В качестве критерия устойчивости пород принимаются значения их смещений U на контуре поперечного сечения выработки за весь срок ее эксплуатации без крепи.

Методика расчета по Своду Правил 91.13330.2012 имеет наибольшее распространение в Уральском регионе, но, по нашему мнению, эта методика недостаточно точно отражает нахождение категории устойчивости и не рекомендует виды крепей для определенных категорий устойчивости.

В «Балльной системе» подлежат рассмотрению: прочность пород в массиве, глубина заложения выработки, характеристика трещиноватости пород, обводненность, срок службы и пространственное расположение выработки. По всем перечисленным факторам имеются относительные показатели, выраженные в условных единицах – баллах, которые при оценке состояния устойчивости массива суммируются в общем итоге и позволяют отнести породы к той или иной категории. В соответствии с установленной категорией устойчивости пород рекомендуются определенные виды крепи и параметры их возведения.

В 1967 г. Д. Диром предложен критерий устойчивости массива по данным кернового бурения, названный «Индекс качества породы» (RQD).

Показатель RQD определяется как отношение общей длины кусков керна (длиной более 10 см) к общей его длине:

$$RQD = \frac{\sum l_{(>10 \text{ см})}}{l_{\text{керна}}}. \quad (1)$$

В 1972 г. Г. Викхем предложил использовать количественный метод для описания качественных характеристик массива и для выбора соответствующего крепления на основе классификации RSR.

Рейтинг RSR складывается из трех составляющих: $RSR = A+B+C$, где параметр А представляет собой общую оценку геологического строения на основе происхождения породы, крепости породы, геологического строения; параметр В определяет влияние трещиноватости образца по отношению к направлению проведения выработки на основе – интервалов между трещинами, направления трещин, направления проведения выработки; параметр С учитывает влияние подземных водопритоков и трещиноватость.

В настоящее время рейтинг RSR практически не используется.

В 1976 г. профессор З.Т. Беньявский опубликовал классификацию массивов горных пород, названную геомеханической классификацией или рейтингом массива горных пород (RMR).

В классификации используются следующие 6 параметров: прочность пород на одноосное сжатие; индекс RQD; расстояние между трещинами; условия трещиноватости; наличие подземных вод; направление трещин.

Методика З. Т. Беньявского достаточно точно определяет категорию устойчивости, т. к. в ней оцениваются наиболее значимые параметры, что позволяет достаточно конкретно определять категорию устойчивости массива и производить выбор рекомендуемых крепей для данных горно-геологических условий.

Классификация Q или NGI была разработана Н. Бартоном, Р. Лиеном и Дж. Льюндом. В 1974 г. Н. Бартон предложил для определения характеристик массива и обоснования выбора крепления использовать индекс качества массива для проходческих работ Q.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}, \quad (2)$$

где J_n – количество систем трещин; J_r – показатель шероховатости трещин; J_a – показатель сцепления поверхностей трещин; J_w – фактор сокращения прочности – по наличию воды в трещинах; SRF – фактор снижения давления.

Исходя из представленного анализа методик определения категорий горного массива произведем расчет категорий устойчивости горных выработок, находящихся на различных глубинах. По данным геологоразведки были приняты следующие условия: глубина заложения выработок: 1) $H_p = 400$ м, 2) $H_p = 600$ м, 3) $H_p = 800$ м; среднее значение сопротивления пород в образце одноосному сжатию: 1) $R = 80$ МПа, 2) $R = 90$ МПа, 3) $R = 100$ МПа; коэффициент, учитывающий усредненную по периметру выработки нарушенность массива пород поверхностями без сцепления 1) $k_c = 0,8$, 2) $k_c = 0,6$, 3) $k_c = 0,5$.

По каждой перечисленной методике расчета категорий устойчивости горных выработок для различных глубин заложения определены категории, показанные в таблице.

Результаты определения категорий устойчивости массива по разным методикам

Глубина заложения выработки, м	Категории по СП 91.13330.2012	Категории по «Балльной системе»	Класс устойчивости по Беньявскому	Категории устойчивости по Баргону
400	I (устойчивые)	IIa (устойчивые)	III (средней устойчивости)	низкая устойчивость
600	II (средней устойчивости)	IIa (устойчивые)	III (средней устойчивости)	низкая устойчивость
800	II (средней устойчивости)	IIb (устойчивые)	III (средней устойчивости)	Низкая устойчивость

Таким образом, на основе проведенных расчетов, следует, что для горно-геологических условий Уральских рудников при определении категорий устойчивости горного массива и проектировании крепи можно использовать не только Свод Правил 91.13330.2012, но и рассмотренные выше методики.

Список литературы

1. Кузьмин Е.В. Особенности движения случайной частицы в граничных условиях // В сб.: Научные труды МГИ, 1973.
2. Кузьмин Е.В, Узбекова А.Р. Самообрушение руды при подземной добыче. М.: МГГУ, 2006.
3. Ветров С.В. Допустимые размеры обнажений горных пород при подземной разработке руд. М.: Наука, 1975.
4. Методические указания по определению допустимых пролетов обнажений трещиноватых горных пород и размеров целиков при подземной разработке рудных месторождений. М.: ИПКОН РАН, 1978.
5. Свод правил 91.13330.2012 «Подземные горные выработки». Москва, 2012.

Г.Д. Першин, С.С. Погуца, Т.М. Лапина

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ И УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация. Аналитическим путем на основе энергетической закономерности поверхностного разрушения твердого тела от его физико-механических свойств и режима контактного нагружения с шероховатой поверхностью, получена зависимость объемного (массового) износа технически чистых металлов и углеродистых сталей. Теоретическая зависимость соответствует существующим обширнейшим экспериментальным данным, что дает основания применять ее для расчета износостойкости деталей, инструмента и сопряжений, работающих в условиях абразивного воздействия.

Абразивное изнашивание рабочих органов при соприкосновении их поверхностей с твердыми частицами минерального происхождения характерно для огромного числа горных, строительных, транспортных, сельскохозяйственных машин. Случаи абразивного изнашивания постоянно встречаются на рабочих органах экскаваторов (ковш и его зубья), на обрабатывающих горные породы режущих инструментах, на скребковых конвейерах, и других транспортных механизмов, в которых перемещаемые куски горных пород скользят по направляющим. Абразивному изнашиванию подвергаются детали дробилок и мельниц, перерабатывающих руду, горные породы, минералы.

Абразивный износ о закреплённые твердые частицы, являясь предельной формой всех видов износа, дает возможность установить основные фундаментальные закономерности износостойкости металлов в зависимости от внешних условий трения.

Энергетические методы расчета на абразивный износ деталей машин строились на установление закономерностей, связывающих параметры трения и износа. При этом в качестве критерия износостойкости материалов при контактном взаимодействии принималась удельная работа совместного трения $A_{тр}$ (Дж) и поверхностного разрушения $A_{из}$ (Дж):

$$A_p = \frac{A_{тр} + A_{из}}{w}, \quad (1)$$

где w – объемный износ, м³.

Данный энергетический показатель наиболее тесно связан с физической твердостью материала и в полной мере мог бы характеризовать процесс поверхностного диспергирования материала при трении, однако многочисленные экспериментальные и практические исследования показали, что абсолютные значения $A_{уд}$ (Па) в зависимости от условий испытаний могут отличаться на порядки. Откуда следует, что энергетический показатель $A_{уд}$ не относится к константе износостойкости материала, а является критерием процесса поверхностного разрушения материалов. Энергетический баланс контактного взаимодействия, свя-

занного с абразивным износом, включает выделяющееся тепло и поглощаемую энергию отдельной детали или системы, состоящей из узла трения, либо контактной пары. Поверхностное разрушение твердого тела происходит при достижении предельной величины поглощенной энергии в критическом объеме. Удельная энергия, необходимая для разрушения A_p , в работе [1] определена как энергоемкость материала \mathcal{E}_m , ($\mathcal{E}_m=A_p$), т.е. как физическая константа материала не зависящая от условий нагружения. Для установления величины энергоемкости материала через удельную энергию разрушения была использована аналогия плавления и механического разрушения согласно работы [2]. При этом количественно абразивный износ оценивается объемом (массой), рассчитываемой по энергетической зависимости

$$\omega = \frac{\mu_p^M}{\mathcal{E}_m} \cdot P_n \cdot l_{тр}, \quad (2)$$

где $l_{из}$ – путь абразивного трения (износа), м;
 P_n – нормальная сила, действующая на контакте, Н.

С учетом (1) и (2) удельная работа контактного взаимодействия системы может быть представлена в виде:

$$A_{уд} = \mathcal{E}_m \cdot \frac{\mu \cdot P_n \cdot l_{тр}}{\mu_p^M \cdot P_n \cdot l_{тр}} = \mathcal{E}_m \cdot \frac{\mu_p^M + \mu_{тр}^T + \mu_p^H}{\mu_p^M}, \quad (3)$$

где μ – суммарный коэффициент абразивного трения и износа контактной системы;
 μ_p^M – коэффициент разрушения материала реза;
 μ_p^H – коэффициент разрушения материала породы;
 $\mu_{тр}^T$ – коэффициент взаимного трения инструмента и породы, обуславливающий тепловыделение в системе.

По физической сути выражения (1) и (2) при энергетическом подходе и составляют основу фундаментального закона абразивного изнашивания твердых тел.

Количественная оценка износа по выражению (2) возможна если определены энергоемкость исследуемого материала \mathcal{E}_m и коэффициента разрушения μ_p^M . Данные показатели непосредственно из экспериментальных данных путем моделирования процесса поверхностного диспергирования в результате абразивного износа получить не удастся, так как не удастся практически разрушить механическим способом любой материал, не затратив при этом непроизводительную часть энергии тепловыделения от трения.

В таблице приведены расчетные значения A_p ряда механически чистых металлов, полученные по результатам работы [2]. Однако не для всех материалов имеется возможность расчета удельной энергии разрушения (энергоемкости) по данным термодинамических констант. Поэтому в дальнейшем необходимо получить достоверные аналитические связи между удельной работой разрушения A_p и широко применяемыми физико-механическими характеристиками материалов.

Путем сопоставления данных по удельной работе разрушения A_p (см. табл.) для ряда технически чистых металлов со значениями модуля упругости E (Па) была установлена степенная зависимость вида [3]:

$$\Xi_M = A_p = K_E \cdot E^{2/3} = 0,0017 \cdot E^{2/3}, \quad (4)$$

которая отражает прочностную связь частиц материала в кристаллической решетке. Данная аппроксимирующая зависимость ($R^2 = 0,69$) имеет большое практическое значение, так как дает возможность рассчитать энергоемкость поверхностного разрушения Ξ_M технических чистых металлов и сталей легированных углеродом по значениям их физической характеристики E .

Результаты расчетов по исходным данным работы [2]
и лабораторных испытаний образцов [7]

Материал	Твердость H_V , кг/мм ²	Модуль упругости E , кг/мм ²	Удельная работа трения и износа $A_{уд}^{тр}$, Дж/мм ³	Коэффициент трения и износа, μ	Удельная работа разрушения (износа) A_p , Дж/мм ³	$\frac{\mu_p^M}{\mu} = \frac{A_p}{A_{уд}}$, %
1.Алюминий	21	6650	7,7	1,15	0,564	7,3
2.Медь	75	11534	23,3	1,14	0,608	2,6
3.Никель	130	19700	35,5	1,04	0,82	2,3
4.Армко-железо	140	21000	36,1	0,97	1,037	2,9
5.Цирконий	90	10875	25,87	—	0,697	2,7
6.Титан	250	14500	71,87	—	1,09	1,5
7.Ванадий	73,5	13000	21	—	0,678	3,2
8.Магний	18	4520	5,1	—	0,077	1,5
9.Тантал	120	18800	34,4	—	1,23	3,6

Контактное взаимодействие любого материала с абразивной поверхностью характеризуется коэффициентом поверхностного разрушения как отношением сдвигающих поверхностный слой сил к нормальным. Для модели [4] множественного контакта активно работающих алмазно-абразивных зерен, на основании кинематической и энергетической теорий резания в работе [5] было получено следующее выражение для расчета коэффициента разрушения:

$$\mu_p^M = \frac{4}{\pi^{3/2}} \cdot \left(\frac{b}{r}\right)^{1/2} \cdot \frac{\Delta\sigma}{H_B^{1/2}} \cdot \sigma_n^{1/2}, \quad (5)$$

где r — радиус единичной шероховатости или радиус алмазно-абразивного зерна, м;

b — ширина контактной поверхности, м;

σ_n — нормальное напряжение на контакте, Па;

$\Delta\sigma = \frac{\sigma_\tau}{\sigma_n}$ — отношение предельных касательных к нормальным напряжениям на контакте;

H_B — твердость по Бринеллю, Па.

Так как выражение (5) соответствует шероховатой абразивной поверхности, то его в первом приближении можно применить и для расчета износа материала по зависимости (2). Подстановка в (2) формул (4), (5) окончательно определяет вид искомой энергетической зависимости:

$$\omega = \frac{4}{\pi^2} \cdot \left(\frac{b}{r}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \Delta\sigma \cdot \frac{\sigma_n^{3/2} \cdot F_k \cdot l_{TP}}{k_E \cdot E^{2/3} \cdot H_B^{1/2}}, \quad (6)$$

где F_k – контурная площадь контакта, м².

Если для технически чистых металлов и углеродистых сталей между физическими показателями E , H_B существует достоверная корреляционная связь, то расчетную величину износа материала можно представить либо через показатель H_B либо E . Сравнение данных показателей проведенное в работе [3] для широкого круга металлов дает:

$$\begin{aligned} H_V &= K_H \cdot E^{4/3}, (R^2 = 0,96); \\ H_B &\approx k_H \cdot H_V \leq 300 \text{ кгс/мм}^2, \end{aligned} \quad (7)$$

где $K_H=0,00025$; $k_H=1,0$ [6] – коэффициент пропорциональности; H_V – твердость, определенная вдавливанием алмазной пирамиды на приборе ТП, метод Виккерса.

Решение (2) с учетом (7) в виде двух уравнений, определяющих износ в зависимости от физико-механического показателя E , либо H_B было получено в работе [3]. Сравнение аналитических расчетов и экспериментальных данных работы [7] показывает на полное качественное их соответствие.

Уравнение энергетического баланса (3) контактной системы позволяет определить долю удельной энергии, идущей на поверхностное разрушение материала при абразивном износе (см. данные табл.). Данные таблицы полученные с помощью экспериментальных результатов [7] подтверждают существующее положение о том, что работа поверхностного разрушения металла входит очень малым слагаемым 1,5÷7,3 % работу совместного трения и абразивного износа при контактном взаимодействии любой системы.

Список литературы

1. Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г., Ахметшин А.М. // Применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск, 2003. с. 152-169.
2. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. М.: Металлургия, 1975. 455 с.
3. Першин Г.Д., Погуца С.С. // Применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск, 2016. с. 179-190.
4. Першин Г.Д., Митин А.Н. Геометрические характеристики модели контактной поверхности породоразрушающего алмазно-абразивного инструмента // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. Вып. 1(41). С. 10–13.
5. Першин Г.Д., Уляков М.С. // Применение природного камня: сб. науч. тр. Магнитогорск, 2014. с. 37–49.
6. Гогоберидзе Д.Б. Твердость и методы ее измерения. М.: МАШГИЗ, 1952. 329 с.
7. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследования изнашивания металлов. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. 350 с.

Д.В. Бондарев, А.Д. Кольга

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОГО ДОГРУЖАТЕЛЯ В КОЛЕСНО-РЕЛЬСОВОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. Установлено, что касательная сила тяги, и соответственно преодолеваемый уклон, могут быть повышены за счет увеличения нормальной реакции поверхности движения или за счет увеличения коэффициента трения (сцепления) в контакте «колесо-поверхность качения». Наиболее простым путем увеличения касательной силы тяги является повышение нормальной реакции в контакте «колесо-поверхность движения».

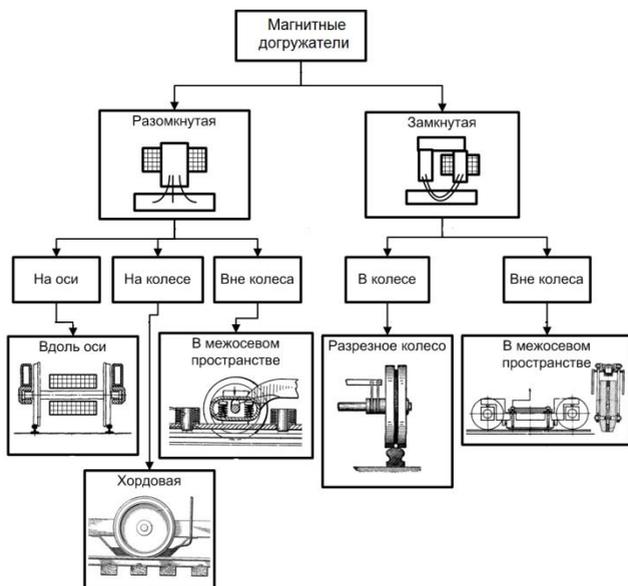
Ключевые слова: уклон, транспортные машины, касательная сила тяги, коэффициент трения (сцепления), магнитный догружатель.

Для перемещения вскрышных пород и полезного ископаемого в горной промышленности, как правило, используется автомобильный и железнодорожный транспорт. Оба эти вида транспорта, несмотря на свои видимые отличия, достоинства и недостатки оснащены колесным движителем, поэтому принцип работы у них одинаков - перемещение колесных машин осуществляется за счет сил трения возникающих при перекатывании колес по опорной поверхности [1, 2].

Основным недостатком транспортирующих машин с колесным движителем является то, что они имеют небольшую величину касательной силы тяги, и как следствие, колесные машины имеют небольшой вес прицепной части и не способны преодолевать большие уклоны. Максимальный преодолеваемый уклон составляет в среднем 40%.

Одним из возможных путей увеличения касательной силы тяги и увеличения преодолеваемых уклонов может стать создание магнитных догружателей сцепного веса (устройств обеспечивающих дополнительное прижимающее усилие колесной машины к поверхности движения) увеличивающих нормальную реакцию поверхности движения. Принцип работы такой системы заключается в том, что к приводным колесам машины прикладывается дополнительное, прижимающее к поверхности качения усилие, обеспечивающее создание необходимого для движения машины тягового усилия. Величина усилия прижатия колес к поверхности движения при заданном коэффициенте трения (сцепления) должна обеспечить касательную силу тяги способную преодолеть силу сопротивления движению машины и вертикальную составляющую веса движущейся по уклону машины, а также развивать тяговое усилие при движении на прямолинейных участках дороги [3].

Классификация существующих магнитных догружателей обеспечивающих прижатие за счет (создание магнитного поля в контакте "колесо-рельс") внешних сил представлена на рисунке.



Классификация магнитных догрузателей и способы их установки

В соответствии с представленной схемой, изображенной на рисунке, магнитные догрузатели по виду магнитного взаимодействия можно разделить на два основных вида: замкнутые – рельс и магнитный догрузатель находятся в непосредственном контакте, и разомкнутые – между рельсом и догрузателем существует небольшой зазор. В свою очередь замкнутая система имеет два способа установки магнитного догрузателя по отношению к колесу, а также (конструктивную схему расположения): в колесе (разрезное колесо) и вне колеса (в межосевом пространстве). Разомкнутая система имеет три способа установки догрузателя: на оси (вдоль оси индуктива), на колесе (хордовая) и вне колеса (в межосевом пространстве) [4].

Для выбора рационального способа использования магнитного догрузателя в дальнейшем, произведено сравнение существующих магнитных догрузателей, обеспечивающих дополнительное прижатие в контакте "колесо-рельс" и выявлены основные достоинства и недостатки для применения того или иного способа.

При расположении догрузателя вдоль оси, основным недостатком является то, что между полюсами индуктора и дисками колес возникают два дополнительных зазора, а ось шунтирует магнитный поток, снижая напряженность поля в точках контакта колес с рельсом, данная схема была реализована на паровозе СО17-2877.

При расположении догрузателя в самом колесе возникает следующее противоречие: колесо должно быть разрезным, чтобы значительная часть магнитного потока проходила через контакт колеса и рельса, и в тоже время должно быть цельным, чтобы различие в механических и, в частности, прочностных свойствах магнитной части колеса не различались.

При расположении догрузателя вокруг колеса по его хорде возникают противоречия двух видов. Во-первых, это противоречия между размерами обмотки индуктора и ограничениями со стороны пути и других деталей экипажной части. Во-вторых, это противоречия между необходимостью уменьшить воздушный зазор между обмоткой индуктора, рельсом и колесом, и необходимостью увеличивать воздушный зазор для обеспечения вертикального и поперечного перемещения колесной пары.

Расположение догрузателя между колесными парами в межосевом пространстве и в одном и в другом случае позволяет снизить противоречия связанные с ограничением габаритов. Однако при замкнутой системе крепления такого догрузателя, возникают те же проблемы, что и для догрузателя расположенного по хорде колеса. При разомкнутой системе существенным недостатком является то, что при зазорах между рельсом и догрузателем возникают большие магнитные потоки рассеяния и, как следствие, необходимость дополнительной мощности для реализации требуемого основного магнитного потока.

Из выше перечисленного следует, что магнитный догрузатель для локомотивов должен отвечать следующим основным требованиям:

- магнитный догрузатель не должен иметь большие габариты и материалоемкость, т.е. в качестве догрузателя должны быть использованы сами детали экипажной части;
- компоновка должна обеспечивать достаточное пространство для размещения магнитного догрузателя и возможность, для его обслуживания;
- между догрузателем и рельсом не должно быть значительного промежуточного воздушного зазора, снижающего эффективность догружения.

Указанным требованиям в наибольшей степени отвечает догрузатель расположенный в межосевом пространстве, как в замкнутом, так и в разомкнутом состоянии. При объединении двух систем взаимодействия, данная схема позволит догрузателю выполнять две немаловажные функции: торможение – при замкнутой системе и догружения – в разомкнутой системе.

Список литературы

1. Кольга А.Д., Горячих В.Д., Меченко Н.П. Повышение эффективности использования карьерного транспорта // Добыча, обработка и применение природного камня: сборник научных трудов. Магнитогорск, 2014. С. 93-97.
2. Кольга А.Д., Горячих В.Д. Совершенствование транспортно-технологических комплексов на горно-обогатительных предприятиях // Добыча, обработка и применение природного камня: сборник научных трудов. Магнитогорск, 2013. С. 55-58.
3. Бондарев Д.В., Кольга А.Д. Повышение эффективности движения колесно-рельсовых транспортно-технологических машин // Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромышленного оборудования. 2015. Т. 1. С. 86-90.
4. Воробьев В.И., Измеров О.В. Методы поиска конструкции тягового привода локомотива с минимальными потерями энергии в эксплуатации // Энерго-и ресурсосбережение – XXI век. 2014. С. 162-166.

В.А. Коваленко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИЖИТЕЛЯ НА КОМБИНИРОВАННОМ КОЛЕСНОМ ХОДУ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. *Приведен анализ автомобильного и железнодорожного транспорта, а также комбинированных схем транспорта, с точки зрения, возможности увеличения эффективности транспортного процесса.*

Установлено, что совместное использование пневматического и рельсового хода позволяет значительно снизить затраты на транспортирование горной массы, осуществлять без перегрузочной транспортировки от начального до конечного пунктов, исключая промежуточное складирование и значительную часть дополнительного оборудования.

Ключевые слова: *Движитель, уклон, транспортные машины, касательная сила тяги, коэффициент трения (сцепления), нормальная реакция.*

В настоящее время для перемещения вскрышных пород и полезного ископаемого на открытых горных работах, как правило, используется автомобильный и железнодорожный транспорт. Оба эти вида транспорта, несмотря на свои отличия, имеют ряд достоинств и недостатков.

Если говорить о железнодорожном транспорте, то основным его достоинством является небольшой коэффициент сопротивления качению и соответственно низкий расход энергии, возможность обеспечения практически любой величины грузооборота при любом расстоянии перевозок. Удельное сопротивление движению подвижного состава за счет использования стальных колесных пар, движущихся по стальным рельсам, составляет всего 20-25 Н на 1т веса. Однако максимальный уклон, преодолеваемый железнодорожным транспортом, составляет всего 0,17 радиан (около 10 градусов).

Автомобильный транспорт отличает более высокая маневренность, благодаря малым радиусам поворота, развиваемое тяговое усилие в четыре раза больше чем у железнодорожного транспорта, что позволяет преодолевать большие уклоны. Кроме того, к достоинствам автомобильного транспорта относят мобильность, поскольку при движении автомобиль не связан с железнодорожными колесами.

Но в качестве основного недостатка автомобильного транспорта можно отметить большой коэффициент сопротивления качению пневматических колес и соответственно высокий расход энергии.

В настоящее время для увеличения касательной силы тяги и соответственно преодолеваемого уклона железнодорожного транспорта идут по пути увеличения сцепной массы локомотива, что позволяет преодолевать уклоны до 55-60%.

Для повышения эффективности автомобильного транспорта идут по пути повышения сцепления шин с поверхностью движения [1] и повышения их грузоподъемности. В настоящее время уже выпускаются автосамосвалы грузоподъемностью 450 т. Дальнейшее увеличение грузоподъемности сдерживается отсутствием шин способных выдерживать большие нагрузки.

Отсутствие технических решений, повышающих эффективность транспорта, вынуждает искать новые организационные решения для повышения эффективно-

сти использования существующих транспортных машин. Примером тому является использование смешанных схем транспорта.

При всех своих достоинствах, данная комбинация транспорта имеет существенный недостаток – перегрузка горной массы с одного вида транспорта на другой, что требует дополнительных и весьма значительных материальных затрат.

Идеальным транспортом с точки зрения потребителя является транспорт, который бы сочетал в себе достоинства автомобильного транспорта (большие преодолеваемые уклоны) и железнодорожного транспорта (малые затраты энергии).

В свете вышесказанного вызывают интерес работы, направленные на создание машин с универсальным комбинированным колесным двигателем транспортных машин, соединяющих в себе достоинства пневмоколесного хода автосамосвалов с колесно-рельсовым ходом железнодорожного транспорта [2].

В настоящее время уже применяются машины на комбинированном (колесно-рельсовом) ходу которые представляют собой обычные серийно выпускаемые автомобили и тракторы, приспособленные к движению по рельсам. Такие машины используются в армии, на железных дорогах и других предприятиях промышленного комплекса для маневровых работ.

По устройству комбинированного хода все пневмоколесные транспортные средства можно подразделить на две группы.

К первой группе относится самая распространенная конструкция, устанавливаемая на пневмоколесные транспортные средства – направляющий комбиход. По данной схеме выполнено более 90% мирового парка машин на комбинированном ходу.

Направляющие катки удерживают автомобиль на рельсах и частично воспринимают на себя нагрузку от его веса, тяговое усилие автомобиль развивает в результате сцепления ведущих пневматических колес с рельсами.

К недостаткам направляющего комбихода необходимо отнести то, что тяговое усилие зависит от степени загрязненности пневмоколес и состояния рельсов (для мокрых рельсов коэффициент сцепления составляет 0,35-0,45, а для обледенелых и вовсе понижается до 0,15).

Ко второй группе относятся машины с приводными направляющими металлическими катками. Привод катков может быть осуществлен от гидро- или электродвигателей, от трансмиссии машины или ее пневмоколес.

Отличие конструкции приводного комбинированного хода от направляющего, заключается в том, что транспортное средство полностью вывешивается над рельсами, а привод осуществляется через установленные колесные пары. Такая конструкция применяется обычно в тех случаях, когда колея пневмоколес машины не совпадает с железнодорожной или нужно получить максимальную силу тяги.

К недостаткам машин с приводными направляющими металлическими катками, кроме сложности подвода крутящего момента можно отнести также то, что касательная сила тяги, создаваемая катками, определяется произведением крутящего момента на радиус колеса, а поскольку диаметр стальных колес ограничен конструктивными особенностями пневмоколесной машины, то и эффективность их работы будет значительно ниже, чем у колес железнодорожного транспорта, диаметр которых составляет около 1000 мм.

Одним из путей решения данных недостатков может стать конструкция пневмоколесной машины с приводными направляющими металлическими колесами (см. рисунок). Обод железнодорожного колеса 1 прижимается осевым уси-

лием к наружному диаметру пневматической шины 2. За счет конической поверхности обода 3 обеспечивается надежный контакт и передача крутящего момента от пневматической шины ободу колеса. Изменив направление осевого усилия, обод колеса легко снимается с пневматической шины и приподнимается на высоту h над поверхностью качения, не мешая движению машины. Поскольку всю нагрузку при передвижении по железнодорожному полотну воспринимает пневматическая шина с подвеской, то масса обода стального колеса не велика.

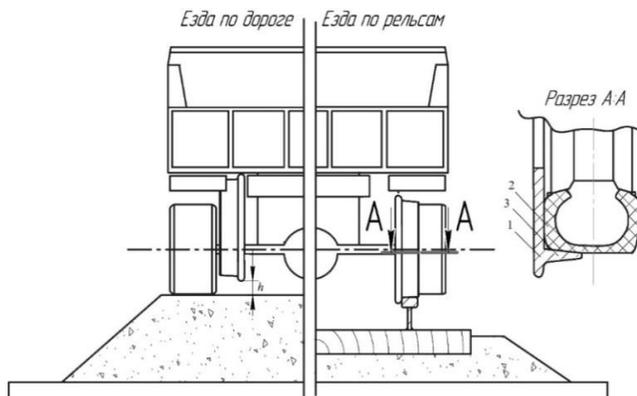


Схема движителя на комбинированном ходу

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что при постоянном использовании на карьерах машин с данной конструкцией колесных пар, позволит повысить эффективность транспортировки грузов, что положительно скажется на производительности карьера в целом, а также позволит по-новому взглянуть на разобщенные, но близко расположенные месторождения с небольшими запасами и коротким сроком эксплуатации, при разработке которых нерационально строить разветвленную сеть железнодорожных путей и специальные сооружения.

Список литературы

1. Агейкин Я.С., Кольга А.Д. Особенности взаимодействия с грунтом колеса, плоскость которого наклонена к оси вращения // Повышение экологичности и эффективности автомобиля: межвузовский сборник научных трудов. М.: МАСИ (ВТУЗ-ЗИЛ), 1990. С. 85-91.
2. Краснов Ю.О., Николаев Л.М. Универсальная путевая машина УПМ-1. М.: ВПТИТРАНССТРОЙ, 1990. 435 с.

В.И. Кадошников, В.И. Новиков

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация. На примере карьерного экскаватора ЭКГ-5 проанализированы причины вывода из эксплуатации навесного оборудования. Показана целесообразность разработки альтернативы высокомарганцевой стали. Рассмотрены варианты защиты навесного оборудования. Представлен опыт изготовления составной системы зубьев собственной конструкции ООО «МРК».

Ключевые слова: карьерный экскаватор, износ, ковш, зубья, защитные элементы.

ЭКГ-5 является наиболее распространенным карьерным экскаватором на постсоветском пространстве. Рабочим органом данной машины является ковш, для лучшего проникновения в породу оснащаемый пятью моноблочными зубьями. Основные детали ковша изготавливаются из аустенитной высокомарганцевой стали 110Г13Л (сталь Гадфильда). Сталь 110Г13Л в состоянии поставки имеет твердость около 180-220 НВ, ударную вязкость не менее 150 Дж/см² ГОСТ 977-88. В процессе работы, при высоких динамических и статических нагрузках, происходит наклеп поверхностно слоя до твердости 40-50 HRC, при этом сердцевина (более глубокие слои) остаются достаточно вязкими. По этой причине данная сталь получила широкое распространение при производстве не только зубьев и стенок ковшей, но и различного рода футеровок и дробящих плит/конусов.

В последнее время все чаще появляются научные работы, в которых ставится под сомнение целесообразность изготовления элементов ковшей карьерных экскаваторов из высокомарганцевой стали для работы в определенных геологических и климатических условиях [1-4]. В пользу этой точки зрения свидетельствует опыт изготовления быстроизнашиваемых элементов карьерной техники зарубежного производства, где широкое применение получили средне/низкоуглеродистые экономнолегированные стали. Также следует отметить, что условия эксплуатации ЭКГ-5 не ограничиваются только экскавацией взорванной горной породы в карьерах, данная машина применяется и для перегрузки горячего высокоабразивного металлургического шлака. Эксплуатация ЭКГ-5 в условиях перегрузки горячего шлака приводит к тому, что элементы ковша, выполненные из высокомарганцевой стали нагреваются до температуры 600-750°C, в результате чего появляются трещины и происходит их дальнейшее разрушение (рис.1). Проведенные нами исследования показали, что микроструктура образцов из стали 110Г13Л нагретых до 500°C и выше состоит из зерен аустенита и мартенсита, по границам зерен наблюдается значительное содержание цементита. Твердость образцов повышается до 275 НВ, но при этом наблюдается катастрофическое снижение ударной вязкости до 10-15 Дж/см². К тому же срок эксплуатации зубьев (демонтаж по причине износа) при перегрузке горячего металлургического шлака в 3-4 раза ниже срока их эксплуатации при экскавации железной руды. Таким образом, применение высокомарганцевой стали в условиях сочетания высокой температуры с динамическими нагрузками недопустимо.



Рис. 1. Поломка передней стенки в условиях шлакоперерабатывающего предприятия

В обычных условиях эксплуатации карьерного экскаватора (карьер, склады рудобоготительного производства и т.д.) разрушение элементов ковша встречается намного реже. Основной причиной вывода из эксплуатации является износ. Наибольшему износу подвергаются зубья, режущая кромка и пята передней стенки ковша, зона проушин боковых стенок. Отечественные производители карьерных экскаваторов (ИЗ «Картэкс», «УЗТМ») не оснащают ковши дополнительной защитой, позволяющей продлить срок эксплуатации навесного оборудования. Зубья для всей линейки ЭКГ, изготавливаемые многочисленными отечественными литейными заводами, выполняются моноблочными с несколькими вариантами исполнения: прямые, косые-самозатачивающиеся. Сам ковш в местах подверженных наибольшему износу упрочняется электродами или усиливается дополнительным объемом металла. В процессе работы элементы ковша изнашиваются, зубья меняются в карьере, а для восстановления стенок ковша его приходится демонтировать и отправлять на ремонтную площадку, где жизнь ковша, если возможно, продлевают путем приваривания элементов аналогичных изношенным. Но это трудоемкий и малоэффективный способ. Анализ продукции зарубежных производителей карьерной техники показывает, что защита навесного оборудования быстросъемными и навариваемыми износостойкими элементами имеет широкое распространение. Существует целое направление, именуемое в зарубежных источниках «GET» (Ground Engaging Tools – землеройный инструмент). Производством ковшей, систем защиты и зубьев занимаются как сами производители техники (CAT, Liebherr), так и специализированные предприятия (Columbia Steel, MTG, ESCO, Hensley, BYG, Combi Wear Parts, ITR, NBLF) [5-8]. На рисунке 2, в качестве примера, показан ковш канатного карьерного экскаватора с элементами защиты и составной системой зубьев METALOGENIA S.A. (MTG, Испания) [8]. Как видно режущая кромка передней стенки, которая подвержена наибольшему износу, защищена быстросъемными (с механической фиксацией) элементами. Зуб имеет составную конструкцию: несущая часть – адаптер, крышка для продления срока эксплуатации адаптера, непосредственно режущий инструмент – коронка, фиксирующий элемент – штифт с упругим полимерным элементом. В составной системе зуба основной изнашиваемый элемент – коронка, адаптер служит намного дольше. Подобная конструкция, в противовес моноблочной, снижает количество металла уходящего в металлолом. Также предлагаются пластины с твердосплавной наплавкой и «таблетки»/«кнопки» из белогохромистого чугуна, которые позволяют существенно продлить срок эксплуатации дорогостоящего навесного оборудования.

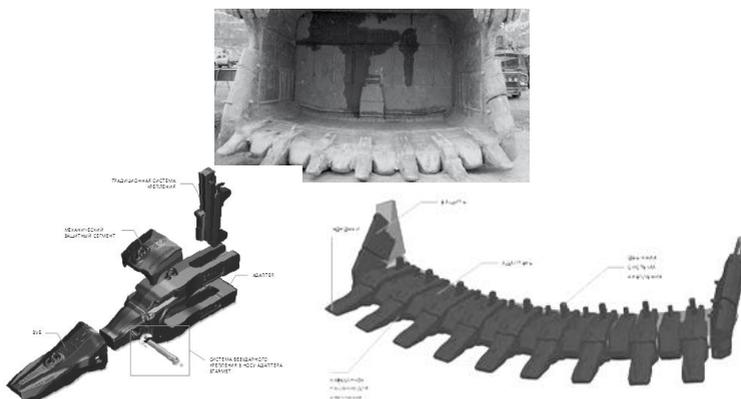


Рис. 2. Элементы защиты ковша 41,3 м³ и составные зубья MTG для экскаватора CAT 7495 (BUSYRUS 495 B II)

Зарубежные GET-производители постепенно расширяют свое присутствие и в России. Их продукция попадает к нам как вместе с импортной техникой, так и в виде отдельных решений. На сегодняшний день встречается все больше зарубежной продукции адаптированной для отечественной карьерной техники. Единственным сдерживающим фактором для ее распространения является высокая стоимость при нынешнем курсе валют, низкий уровень логистики. В связи, с чем у отечественных производителей есть возможность наверстать упущенное в данном направлении [9]. На сегодняшний день о программе импортозамещения и развитии GET-направления для отечественной техники заявило ООО «ОМЗ-СПЕЦСТАЛЬ» (ОМЗ-ЛП) [10, 11], а также ряд РМЗ добывающих компаний.

Разработка и внедрение новых элементов защиты навесного оборудования карьерной техники ведется и в условиях ООО «МРК». Так в адрес ООО «Шлаксервис» была отгружена опытная партия составных зубьев для ЭКГ-5 (рис.3) из среднеуглеродистой низколегированной стали. Конструкция коронки усиленная с «башмаком» для работы с высокоабразивным материалом. Ее твердость после объемной закалки составила 45 HRC. За основу адаптера взят усеченный моноблочный зуб, из аналогичной стали с твердостью 278 НВ. Крепление коронки к адаптеру осуществлено с помощью системы «винт-клин». В первые сутки после ввода в эксплуатацию произошло хрупкое разрушение двух из пяти адаптеров. В настоящее время ведется доработка конструкции адаптера, изменение технологии выплавки и т/о среднеуглеродистой низколегированной стали, проходят испытания защитные элементы ковша из различных материалов.

Учитывая объемы поставки на рынок РФ импортной карьерной техники, высокую цену GET-элементов, низкую загрузку отечественных заводов, морально устаревшее оснащение отечественной техники становится очевидна целесообразность импортозамещения и разработки нового более эффективного землеройного инструмента для отечественной карьерной техники.



Рис. 3. Составная конструкция зуба ЗАО «МРК» для ЭКГ-5

Список литературы

1. Лебедев В.В., Солнцев Ю.П. Разработка хладостойких литейных сталей для горной и строительной техники // Тезисы докладов семинара «Прочность материалов и конструкций при низких температурах». СПб.: Изд-во СПб ГАХИТ, 1999.
2. Медведев В.И., Поддубный А.Н., Кульбовский И.К. Выбор износостойких сталей для горно-обогатительного оборудования // Литейное производство. 1997. № 5. С. 44-45.
3. Солнцев Ю.П. Сердитов А.Е., Лебедев В.В. Повышение ресурса литых деталей экскаваторов северного исполнения // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2007. №3. С. 35-39.
4. Новиков В.И., Вильданов Б.Р. Составная система зубьев для карьерных экскаваторов // Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов ЗАО «МРК». Магнитогорск. 2013. Ч. 1. С. 25-28.
5. Scott McNiven. Creating wear resistant casting. Columbia Steel Casting Co., Inc. // WORLD CEMENT MAGAZINE. 2010. March.
6. Чупаю Е.Н. Продукция и технологии ESCO // Уголь Кузбасса. 2012. Май-июнь. С. 35-37.
7. Продукция компании Hensley Industries Inc. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.hensleyind.com.
8. Продукция компании METALOGENIA S.A. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.mtg.es.
9. Корнилков С.В., Глебов А.В., Бухмастов А.В. Об импортозамещении и технико-технологическом развитии горнодобывающих предприятий горно-металлургического комплекса Уральского федерального округа // Горное оборудование и электромеханика. 2016. №2. С. 31-38.
10. Анистратов К.Ю. Ковши и быстроизнашиваемые элементы, системы защиты ковшей для карьерной техники зарубежного производства // Горная промышленность. 2015. №2 (120). С.36-37.
11. Матюшев И.И., Анистратов К.Ю. ОМЗ-Литейное Производство. Стратегия развития // Горное дело. Москва. 2015. №1(3). С. 3-10.

А.М. Мажитов, С.А. Корнеев, Б.Н. Клебан, Д.Р. Нуриев

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ МАЛОМОЩНЫХ СБЛИЖЕННЫХ РУДНЫХ ТЕЛ КАМАГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Освоение Камаганского месторождения в изменчивых геологических условиях требует применения различных систем разработки. Применение в границах месторождения систем разработки с различными способами поддержания очистного пространства характеризуется большим количеством технико-технологических и геомеханических вопросов. Решение научной задачи по определению рациональных параметров подземной физико-технической геотехнологии при совместном применении в границах месторождения, или рудного тела, систем разработки различных классов является весьма актуальным.

Ключевые слова: подземная геотехнология, поддержание очистного пространства, выбор систем разработки, отработка сблизженных рудных тел.

В настоящее время основную роль при разработке месторождений на отечественных и зарубежных рудниках играет система разработки с закладкой выработанного пространства, характеризующаяся высокими показателями извлечения и полной выемки. Данной системой разрабатывается большая часть месторождений цветных и черных металлов. Удельный вес систем разработки на Уральских медноколчеданных рудниках на 2000 г следующий: подэтажное обрушение с повышенной высотой подэтажа – 1,1%, подэтажные штреки (орты) – 6,9%, камерная с твердеющей закладкой – 92% [1].

Рыночный подход к проблеме выбора технологии подземной разработки рудных месторождений, наращивание интенсивности отработки залежей, вовлечение в разработку месторождений с низким содержанием полезных компонентов обусловили поиск дешевых технологий добычи руд, внедрение новых технических решений при добыче и обогащении. Удорожание стоимости закладочных работ привело к поиску решений по технологии добычи высокоэффективными системами разработки с обрушением руд и вмещающих пород, характеризующимися низкими затратами и высокими показателями производительности труда [2].

За последние годы резко возросли цены на материалы, энергию и топливо. В результате себестоимость руды увеличилась в 6-10 раз. В результате, несмотря на высокую ценность руд цветных металлов системы разработки с закладкой становятся неконкурентными системам разработки с обрушением вмещающих пород.

В России системы разработки с обрушением руд и вмещающих пород получили меньшее распространение, но в связи со сложившимися ценами на сырье и резким удорожанием стоимости закладочных работ приобретают в настоящее время актуальность и значимость [3,4].

Главнейшими условиями возможности освоения месторождения системами разработки разных классов являются, прежде всего, горно-геологические условия залегания месторождений [5,6,7], ценность руд, устойчивость руд и пород, крепость, склонность руд месторождения к самовозгоранию, возможность подработки земной поверхности. Наиболее важными факторами влияющими на выбор систем разработки являются: мощность рудных тел, угол падения, устойчивость

руд и пород, ценность руд, глубина разработки. Мощность рудного тела позволяет применять высокопроизводительное оборудование на проходческих и очистных работах, добиваться высокой производительности. Угол падения ограничивает использование систем разработки в зависимости от оборудования (самоходного или переносного) применяемого при проходке горных выработок и ведении очистных работ. Устойчивость руд и вмещающих пород позволяет ограничить системы разработки по возможности обнажения очистных пространств и выбора конструктивных параметров элементов систем. Важным фактором является ценность руд. Она существенно влияет на выбор систем разработки, в случае, если руды месторождения являются ценными, то практика показывает о доминирующей роли систем разработки с закладкой выработанного пространства, позволяющих достичь полноты выемки и высоких показателей извлечения. Глубина разработки ограничивает применение систем по способу поддержания очистного пространства. На больших глубинах и проявлении высокого горного давления исключается возможность применения систем с обрушением и значительно возрастает роль систем разработки с закладкой выработанного пространства.

Для реализации эффективного выбора систем разработки в условиях рудных тел с невыдержанными горнотехническими условиями, очевидно, следует определить границы их применения. Выделение участков горного массива характеризующихся одинаковыми по некоторому признаку условиями, принято называть районированием [8].

Для установления диапазона условий применения систем подземной разработки различных классов проведен анализ горно-геологических условий залегания рудных тел первой залежи месторождения Камаганское с целью возможности рационального использования соответствующих систем разработки [9,10]. Также проведен анализ влияющих факторов и районирование по условиям применения систем разработки различных классов, таким как: элементы залегания месторождений, распределение содержания полезных и вредных компонентов, структурные особенности горного массива, наличие охраняемых объектов.

Для отработки запасов I залежи в качестве основной системы разработки принята система разработки с камерной выемкой. Управление горным давлением осуществляется закладкой выработанного пространства твердеющей смесью.

Исходя из горно-геологических и горнотехнических условий отработки рудного тела, данная система разработки может применяться в различных вариантах с изменением отдельных конструктивных элементов, но сущность ее от этого не меняется. Камеры в рудном теле располагаются вкрест простирания рудного тела.

Для отработки рудного тела применяется сплошной порядок отработки, поэтому конструктивное оформление системы разработки в пределах секции, которая делится на камеры, определяется горно-геологическими условиями залегания рудного тела.

Участки рудных тел и выклинки мощностью от 2 до 6 м с углом падения до 30° планируется обрабатывать вариантом камерно-столбовой системы разработки с однослойной выемкой. Сущность системы разработки заключается в разделении участка на столбы. Столбы могут располагаться по восстановлению, простиранию и вкрест простирания. Выемку столбов планируется производить заходками. Выемка руды в заходке осуществляется сплошным забоем. При отработке заходок необходимо вести систематический контроль за состоянием кровли. Порядок

отработки запасов на участке может быть как "камерно-целиковый" – между заходками оставляются временные ленточные целики, которые обрабатываются во вторую очередь, так и сплошной.

Бедные участки рудных тел и забалансовые руды принято обрабатывать вариантом системы разработки подэтажного обрушения руды и вмещающих пород с торцевым выпуском [11]. Сущность варианта системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды для горно-геологических условий I залежи Камаганского месторождения заключается в выемке руды заходками со скважинной отбойкой руды в зажиме. Оработку залежи ведут подэтажами в нисходящем порядке. Отбойка руды в заходке производится вертикальными или крутонаклонными слоями из буро-доставочной выработки, пройденной по почве заходки.

Выпуск отбитой руды осуществляется под обрушенными налегающими породами на почву буро-доставочной выработки, откуда она отгружается погрузочно-доставочной машиной.

Заходки в рудном теле могут располагаться как вкрест простирания рудного тела, так и по простиранию. Порядок отработки заходок – сплошной, каждую последующую (смежную) заходку можно начинать лишь после посадки кровли над предыдущей заходкой. Управление горным давлением при применении системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды осуществляется самообрушением либо принудительным обрушением пород кровли.

Таким образом, в настоящее время на Камаганском месторождении доминирующую роль занимает класс систем разработки с закладкой выработанного пространства, достоинством которой являются высокие показатели извлечения полезных ископаемых, безопасность горных работ в широком диапазоне меняющихся горно-геологических условий залегания залежей, возможность отработки запасов под охраняемыми объектами.

Наращивание интенсивности разработки месторождения и резкое удорожание стоимости закладочных работ приводит к поиску новых дешевых технологий добычи. Одним из решений данной проблемы является использование в сочетании с основной системой разработки более дешевых по себестоимости добычи вариантов, например, систем с естественным поддержанием очистного пространства и обрушением руд и вмещающих пород.

В связи с широким разнообразием факторов оказывающих влияние на выбор систем разработки, выявлены основные критерии, которые в конечном итоге предопределили дальнейшую технологию горных работ. Результатом исследований стала возможность сочетания различных вариантов систем разработки в границах рудного тела, а также обоснованны наиболее эффективные варианты систем разработки обеспечивающие безопасность горных работ, высокие показатели извлечения, предложены новые технологические схемы отработки запасов с применением систем разработки разных классов, а также снижен удельный вес дорогостоящих систем разработки с закладкой выработанного пространства на залежах с невысоким содержанием полезного ископаемого и участках руд со сложными горно-геологическими условиями залегания.

Список литературы

1. Волков Ю.В., Соколов И.В. Подземная разработка медноколчеданных месторождений Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 232 с.

2. Ляшенко В.И., Степанов В.П. Совершенствование технологии подземной разработки комплексных руд // Горный журнал. 1985. Вып. №11. С. 40-42.
3. Развитие технологии горных работ на Дегтярском руднике / Пилеич А.М., Туровский В.Г., Федотов-Гришин П.В., Сафронов А.А. // Горный журнал. 1984. Вып. №12. С. 10-13.
4. Влох Н.П., Шуплецов Ю.П., Крутиков А.В. Проблема выбора системы разработки Соколовского месторождения подземным способом // Горный журнал. 1986. Вып. №3. С. 24-25.
5. Урумов Т.М., Имангалиев А.И., Кушеков Х.К. Перспективы применения систем разработки с закладкой и обрушением в условиях Джекказгана // Горный журнал. 1972. Вып. №11. С. 27-30.
6. Воронин А.И., Сивцев Н.С., Шкарпетин В.В. Развитие систем разработки при подземной добыче // Горный журнал. 1986. Вып. №6. С. 15-18.
7. Дробот Б.П., Миняев Б.К., Пушкарев Л.И. Обоснование перехода от систем разработки с обрушением к системам с твердеющей закладкой // Горный журнал. 1971. Вып. №1. С. 37-39.
8. Туринцев Ю.И., Гордеев В.А. Районирование карьерного поля по факторам устойчивости откосов // Известия вузов. Горный журнал. 1981. №10. С. 34-37.
9. Мещеряков Э.Ю., Мажитов А.М., Лутфуллин Р.Р. Совершенствование системы разработки с обрушением в условиях пологопадающих рудных залежей // Комплексное освоение месторождений полезных ископаемых: сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 91-94.
10. Проектные решения по доработке рудного тела №12 Камаганского месторождения подземным способом (статья) / Мажитов А.М., Корнеев С.А., Корнеева В.С., Губин М.В. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й межрегиональной науч.-техн. конф. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Т.1. С. 64-67.
11. Мажитов А.М., Мещеряков Э.Ю. Исследование эффективности адаптивного варианта системы поэтажного обрушения с площадно-торцевым выпуском для условий отработки пологих залежей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №2. (42) С. 5-8.

УДК 658.286.2:629.114.42

М.В. Грязнов, Е.М. Антропова, Е.А. Баликова, А.А. Бикназарова

АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ-7540 ПО СЕЗОНАМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ затрат на техническое обслуживание и ремонт карьерных автосамосвалов БелАЗ-7540 цеха перевозок №1 ООО «Автотранспортное управление» в зависимости от сезона ввода его в эксплуатацию. Предлагаются рекомендации по сезону ввода новых автосамосвалов в эксплуатацию с целью наименьшего накопления суммарных затрат на их обслуживание по сравнению с другими вариантами ввода в эксплуатацию.

Ключевые слова: карьерные автосамосвалы, техническое обслуживание и ремонт, затраты на техническое обслуживание и ремонт.

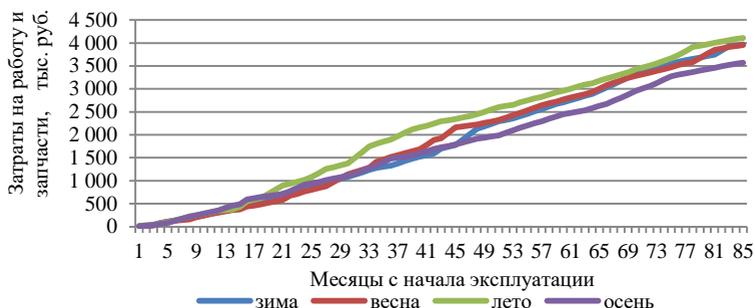
Начиная с 2011 г. в ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» ведется планомерная работа по оптимизации затрат на транспортное обслуживание. Это, в первую очередь, касается ООО «Автотранспортное управление», которое обеспечивает основную часть автотранспортных услуг ОАО «ММК». Поэтому на предприятии в последние годы особой актуальностью пользуются вопросы по снижению транспортной составляющей в структуре себестоимости продукции ОАО «ММК». Одним из перспективных направлений в снижении транспортных затрат является поиск резервов экономии расхода ресурсов в процессах технического обслуживания и ремонта автотранспорта. Особым интересом пользуются рекомендации по снижению затрат, не требующих инвестиций.

Поиск источника экономии денежных средств на техническое обслуживание и ремонт был осуществлен на примере карьерных автосамосвалов БелАЗ-7540 цеха перевозок №1 ООО «АТУ». Идея работы состоит в моделировании процесса накопления затрат на техническое обслуживание и ремонт в течение всего срока службы автосамосвала при вводе его в эксплуатацию в различные периоды года. В зависимости от сезона (зима, весна, лето, осень) ввода в эксплуатацию нового БелАЗа, на момент списания он накопит различный размер затрат на свое обслуживание.

Для моделирования суммарных затрат на проведение технического обслуживания и ремонта за весь срок службы БелАЗа потребовались следующие исходные данные: величина среднемесячного пробега, трудоемкость его технического обслуживания и ремонта на 1000 км пробега, величина затрат на выполнение технического обслуживания и ремонта на 1000 км пробега. Хочется отметить, что величина перечисленных показателей зависит от возраста автосамосвала БелАЗ, измеренного в пробеге с начала эксплуатации. Установление искомым данным производилось посредством статистической обработки данных, содержащихся в ремонтных листах.

Используя вышеуказанные данные было проведено моделирование роста накопления затрат на техническое обслуживание и ремонт одной единицы автосамосвала БелАЗ-7540 за весь срок его службы при различных вариантах ввода в эксплуатацию: весной, летом, осенью, зимой. Расчет производился по следующим элементам: накопление трудозатрат, накопление затрат на запчасти и суммарных затрат на техническое обслуживание и ремонт, включая 2 предыдущих компоненты. Зависимость затрат на работу и запчасти от срока службы автосамосвала БелАЗ-7540 представлена на рисунке.

Из рисунка видно, что ввод в эксплуатацию автосамосвала БелАЗ-7540 в различные сезоны приведет к накоплению различного размера затрат на его техническое обслуживание и ремонт за весь срок службы. Если предприятие соберется обновить автопарк или его часть, лучше сделать это осенью.



В заключении следует отметить, что даже с учетом такого длительного срока эксплуатации в 8 лет, при котором расчётный экономический эффект, скорее всего, обесценится на определенную величину, для предприятия он останется существенным.

Список литературы

1. Анистратов К.Ю., Борщ-Компониец Л.В. Исследование показателей работы карьерных самосвалов для обоснования структуры парка и норм выработки автотранспорта // Горная промышленность. 2011. № 4. С. 38-49.
2. Антропова Е.М. Анализ методической базы оценки технической готовности автомобильного подвижного состава // Современные тенденции в научной деятельности: VII Международная научно-практическая конференция. М.: Изд-во «Перо», 2015. С. 131-139.
3. Грязнов М.В., Антропова Е.М., Никитина К.Е. Рекомендации по поддержанию технической готовности парка автосамосвалов БелАЗ-7547 карьера «Малый Куйбас» на высоком уровне // Молодежь. Наука. Будущее: Сб. науч. трудов / под. ред. С.В. Пыхтуновой. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2008. Вып. 8. С. 207-208.
4. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов А.М. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и допол. М.: Наука, 2001. 535 с.
5. Курганов В.М., Грязнов М.В. Обеспечение надежности в системе управления перевозками и производством на автомобильном транспорте. Магнитогорск: Изд-во «Магнитогорский Дом печати», 2012. 128 с.
6. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта / М-во автомоб. трансп. РСФСР. М.: Транспорт. 1988. 78 с.
7. Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чирков С.Т. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. М.: Транспорт, 1989. 128 с.
8. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. 5-е изд., перераб. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 400 с.
9. Чубенко Е.Ф. Основные показатели работы подвижного состава грузового автомобильного транспорта // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. Вып. 2. 2011. – С. 77-80.

М.В. Грязнов, К.А. Давыдов, А.А. Адувалин

НОРМИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОБУСНОГО ПАРКА

Аннотация. Предложены методические рекомендации по совершенствованию нормативной базы технической эксплуатации автобусов отечественного производства. Даны рекомендации по нормированию эксплуатационных затрат и себестоимости автобусных перевозок. На основании проведенных расчетов предложены рекомендации по снижению затрат на транспортное обслуживание населения г. Магнитогорска.

Ключевые слова: автобус, нормативная база технической эксплуатации автобусов, нормирование расхода производственных ресурсов, эксплуатационные затраты, себестоимость перевозки.

Эффективное управление технической эксплуатацией автобусов определяется наличием научно обоснованных норм расхода производственных ресурсов при выполнении технологических операций транспортного процесса [2-6]. По результатам нормирования среднемесячных пробегов, ГСМ, запасных частей, простоев в ТО и ТР, расхода автошин и фонда оплаты труда водителей, кондукторов и ремонтного персонала, были рассчитаны нормы затрат на эксплуатацию автобусов отечественных марок ЛиАЗ, НефАЗ, ПАЗ, КавЗ [1]. По итогам расчетов была определена нормативная величина себестоимости перевозок автобусами этих марок.

Нормативная себестоимость автобусных перевозок определяется отношением эксплуатационных затрат к ожидаемому от эксплуатации автобусного парка результату, который оценивается количеством отработанных автобусами часов, суммарным пробегом автобусов, количеством перевезенных пассажиров или другими единицами. В работе нормирование себестоимости часа эксплуатации автобуса производилось по формуле

$$C_{\text{ч}}^{\text{н}} = \frac{Z_{\text{э}}^{\text{н}}}{n_{\text{вод.}} \cdot \PhiРВ^{\text{год.}}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{э}}^{\text{н}}$ – величина нормативных эксплуатационных затрат по автобусу рассматриваемой марки за период времени, руб.; $n_{\text{вод.}}$ – число закрепленных за автобусом водителей, чел.; $\PhiРВ^{\text{год.}}$ – фонд рабочего времени одного водителя за период времени, ч

Результаты нормирования себестоимости часа эксплуатации автобуса на примере автобуса ЛиАЗ-5256 приведен в табл. 1.

Таблица 1

Пример расчета норм часа эксплуатации автобуса ЛиАЗ-5256

Сезон эксплуатации	Категория пробега с начала эксплуатации, тыс. км				
	До 50	50-100	100-150	150-200	Более 200
Лето	739,1	665,9	753,1	782,4	824,5
Осень	699,9	667,3	718,9	891,1	772,7
Зима	681,1	689,5	673,4	854,7	948,3
Весна	676,5	712,8	769,5	901,6	978,9

На основе предложенных норм эксплуатационных затрат и себестоимости автобусных перевозок были разработаны рекомендации по снижению затрат на транспортное обслуживание населения г. Магнитогорска. Суть предлагаемых рекомендаций заключается в выборе марки и модели автобусов, обеспечивающих минимальную себестоимость перевозки одного пассажира по рассматриваемому маршруту движения. Эксплуатационные показатели работы автобусов на примере маршрута № 4 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эксплуатационные показатели работы автобусов на маршруте № 4

Номер маршрута	Длина оборотного рейса, км	Закрепленные за маршрутом автобусы	Число оборотных рейсов за год	Объем перевозок, чел.	
				За год	За оборотный рейс
4	27,8	ЛиАЗ-5256	7794	322383	41

На основании таблицы по каждому маршруту были рассчитаны: время оборотного рейса, средний интервал движения и численность автобусов на маршруте. Используя эти данные, определялась себестоимость перевозки одного пассажира по формуле

$$C_{пас.} = \frac{1,17 \cdot t_{об.} \cdot C_{ч}^H}{N_{об.}}, \quad (2)$$

где $1,17$ – коэффициент, учитывающий затраты времени на нулевой пробег; $C_{ч}^H$ – средняя по сезонам нормативная величина себестоимости часа эксплуатации автобусов, руб.; $N_{об.}$ – объем перевозок на маршруте за оборотный рейс, чел.

Результаты расчета себестоимости перевозки одного пассажира на примере того же маршрута приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета себестоимости перевозки одного пассажира
на примере маршрута № 4

Сезон эксплуатации	Номер маршрута	Марка и модель автобуса					
		ЛиАЗ-5256	ЛиАЗ-6212	ПА3-3205	ПА3-4234	КАв3-4238	НефАЗ-5299
Лето	4	28,58	35,44	25,73	21,19	33,63	42,91
Осень		27,28	30,36	19,05	21,88	37,49	41,30
Зима		25,56	27,99	20,98	25,03	32,64	40,81
Весна		29,21	38,50	20,45	22,04	32,70	43,89
В среднем:		27,66	33,07	21,55	22,54	34,12	42,23

Анализируя средние значения себестоимости перевозки одного пассажира по сезонам эксплуатации следует, что использование автобуса ЛиАЗ-5256 не является выгодным, поскольку себестоимость перевозки превышает величину установленного тарифа. Для снижения затрат предлагается назначать на городские маршруты автобусы, обеспечивающие меньшую себестоимость перевозки пассажиров.

Например, на маршруте № 4 количество перевезенных пассажиров за год составляет 322383 чел. Расчетная численность автобусов равна 2 единицам. Себестоимость перевозки одного пассажира автобусом ЛиАЗ-5256 составляет 27,66 руб. Объем перевозок пассажиров за оборотный рейс на этом маршруте составляет 41 чел. Такой пассажиропоток без потерь будет освоен автобусами меньшей вместимости, например автобусом ПА3-4234, обеспечивающего себестоимость перевозки одного пассажира 22,54 руб. Экономический эффект от реализации предлагаемых рекомендаций по маршруту определяется по формуле

$$\mathcal{E} = N_{год} \cdot (C_{пас.}^{сущ.} - C_{пас.}^{предл.}) \quad (3)$$

где $N_{год}$ – объем перевозок на маршруте за год, чел.; $C_{пас.}^{сущ.}$, $C_{пас.}^{предл.}$ – себестоимость перевозки одного пассажира соответственно по существующему и предлагаемому вариантам, руб.

Годовой экономический эффект от реализации предлагаемых рекомендаций на маршруте № 4 составил 1,6 млн. руб. Это является существенным источником экономии бюджета для автоперевозчика.

Список литературы

1. Нормирование и повышение эффективности технической эксплуатации автобусов: (на примере транспорта общего пользования г. Магнитогорска): монография / А.А. Адувалин, М.В. Грязнов, К.А. Давыдов, В.М. Курганов; под ред. В.М. Курганова. Магнитогорск: Магнитогорский Дом печати, 2015. 152 с.: ил.

2. Грязнов М.В. Методика обоснования резерва запасных частей для обеспечения эффективности и надежности работы автопарка // НТТ – наука и техника транспорта. 2009. № 4. С. 23-28.
3. Грязнов М.В., Адувалин А.А. Резервирование автомобильных шин для обеспечения надежности перевозок без увеличения складских запасов // НТТ – наука и техника транспорта. 2012. № 4. С. 51-57.
4. Грязнов М.В., Адувалин А.А., Давыдов К.А. Анализ недостатков современных нормативов технической эксплуатации автомобилей // Технические науки: интеграция науки и практики: сборник материалов международной научной конференции. Россия, г. Москва, 26-28 ноября 2014 г. [Электронный ресурс] / под ред. проф. В.Я. Ушакова. Электрон. текст. дан. (1 файл 5,2 Мб). Киров: МЦНИП, 2014. 134 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-5-00090-045-1.
5. Грязнов М.В., Давыдов К.А., Михайлов Д.В. Актуальность совершенствования нормативов ТЭА для планирования эксплуатационных затрат автотранспортного предприятия // Підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції (13-14 червня 2013 р., Одеський державний аграрний університет). Одеса: ТОВ «Лерадрук», 2013. С. 115-117
6. Грязнов М.В., Меньщиков Г.В., Адувалин А.А. Опыт МП «Маггортранс» в нормировании расхода топлива на городских автобусных маршрутах // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции / под ред. Н. С. Захарова. Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. С. 37-42.

УДК 656.073.235

А.В. Федорина, Н.А. Осинцев, А.В. Цыганов

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Аннотация. Совершенствование организации доставки грузов с использованием интермодальных технологий является актуальной научно-практической задачей, позволяющей повысить качество транспортных услуг. При организации контрейлерных перевозок необходимо учитывать совместимость автомобильного и железнодорожного подвижного состава с целью повышения эффективности и безопасности перевозки. Выбор подвижного состава предлагается осуществлять с использованием разработанной базы данных, учитывающей основные параметры транспортных средств контрейлерных систем доставки, схемы доставки груза и провозную плату за перевозку.

Ключевые слова: контрейлерные перевозки, база данных, подвижной состав, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт.

В настоящее время актуальным вопросом в области организации взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта является использование контрейлерных перевозок [1,2]. Контрейлерные перевозки успешно функциони-

руют в Европе уже более 30 лет, с каждым годом увеличивая железнодорожную составляющую. К 2030 г. планируется 30 % всех действующих автомобильных грузопотоков передать на железнодорожный транспорт, а к 2050 г. – 50 % [3]. В России существует потенциальная востребованность контейнерных систем доставки грузов [4], однако их реализация на Российских железных дорогах сопряжена с рядом сложностей: недостатком специализированных платформ; отсутствием контейнерных терминалов и необходимых элементов инфраструктуры; непроработанностью вопросов ценообразования, тарифов, правовой базы; отсутствием государственной поддержки; отсутствием провайдеров логистических услуг по ведению операторской деятельности в этой сфере. Решение указанных проблем становится наиболее эффективным при комплексном подходе, включающем проработку технического, технологического, организационного, нормативно-правового направлений деятельности [2,5].

Авторами настоящей статьи разработана база данных «Определение базовых параметров подвижного состава контейнерных систем доставки грузов». Основными функциями базы данных являются:

- хранение и систематизацию данных о базовых параметрах подвижного состава, используемого при организации контейнерных перевозок;
- получение информации о совместимости моделей транспортных средств автомобильного и железнодорожного подвижного состава, используемого при организации контейнерных перевозок;
- получение информации о размере тарифной ставки и платы за перевозку груза при организации контейнерных перевозок по заданным критериям отбора.

Использование базы данных позволяет на основе сопоставления параметров автомобильного и железнодорожного подвижного состава оценивать их совместимость при организации контейнерных перевозок, выбирать схему доставки грузов, определять параметры провозной платы за перевозку.

Структуру разработанной базы данных составляет комплекс взаимосвязанных таблиц, содержащих следующие сведения:

1. Марки (модели) седельных тягачей и бортовых автомобилях, их технические характеристики и схемы общего вида;
2. Марки (модели) полуприцепов и прицепов, их технические характеристики и схемы общего вида;
3. Модели железнодорожных платформ, применяемых для контейнерных перевозок, их технические характеристики и схемы общего вида, а также типы автомобильных транспортных средств, допускаемых для перевозки на данных платформах;
4. Технические характеристики автомобильных транспортных средств, с учетом которых для заданных моделей железнодорожных платформ подбираются марки (модели) автомобильного подвижного состава;
5. Совместимость марок (моделей) полуприцепов и прицепов маркам (моделям) седельных тягачей и бортовым автомобилям;
6. Совместимость марок (моделей) одиночных автомобилей и автопоездов моделям железнодорожных платформ;
7. Описание действующих зарубежных контейнерных систем по критериям: технические, технологические, экономические параметры подвижного состава и терминала; способы организации перевозки;

8. Тарифные схемы и базовые коэффициенты, используемые при определении провозной платы за контрейлерную перевозку в зависимости от условий организации доставки груза;

9. Сведения о размере тарифной ставки с учетом расстояния и номера тарифной схемы.

Фрагмент базы данных приведен на рисунке.

Железнодорожный подвижной состав		Автомобильный подвижной состав (одиночные автомобили)				
Код	Модель платформы	Общий вид	Длина по с	Длина рамы, мм	База, мм	Высота центра
1	Модель 13-4095	Bitmap Image	22520	21300	17800	
2	Модель 13-9009	Bitmap Image	25520	24500	18500	
3	Sdgnqss-w	Bitmap Image	25820		20000	
4	Модель 13-9961	Bitmap Image	21440	20280	15800	
5	Модель 13-9004M	Bitmap Image	19620	18400	14720	
Код	Модель автомобильного транспортного средства	Тип автомобильного транспортного				
62	КамАЗ 65116-А4	Седельный тягач				
63	МАН TGX 18.400	Седельный тягач				
64	Renault 500.19 Т НТ1100	Седельный тягач				
65	КамАЗ 5490	Седельный тягач				
66	Hyundai HD 250 (борт)	Бортовой автомобиль				
67	Volvo FL	Бортовой автомобиль				
68	КамАЗ 43118-46	Бортовой автомобиль				
69	Avtotroiding OPA 18T	Прицеп				
70	ANNABURGER LT-9.02	Прицеп				
103	МАН TGX 18.400 - ГРАЗ ППЦА 96222-012 удлиненная	Автопоезд (тягач-полуприцеп)				
104	КамАЗ 5490 - ГРАЗ ППЦА 96222-012 удлиненная	Автопоезд (тягач-полуприцеп)				
105	КамАЗ 65116-А4 -НЕФА3-93344-000013-02	Автопоезд (тягач-полуприцеп)				
*	(№)					

Фрагмент таблицы «Железнодорожный подвижной состав»

Разработанная база данных может быть использована специалистами транспортных предприятий и логистических центров при планировании и организации интермодальных перевозок, применяться в качестве электронного справочника в учебных целях, а также в программных продуктах, связанных с расчетом провозных плат.

Список литературы

1. Sladkowski A., Pamula T. Intelligent transportation systems – problems and perspectives. Springer, Studies in Systems Decision and Control, vol. 32, Switzerland, 2016, 303 p.
2. Федорина А.В., Цыганов А.В. Комплексный подход к внедрению контрейлерных перевозок в России // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2015. №1(6). С. 21-28.
3. Журавская М.А. «Зеленая» логистика — стратегия успеха в развитии современного транспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2015. №1 (25). С. 38-48.
4. Багинова В.В., Кузьмин Д.В. Особенности развития контрейлерных перевозок в России // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №4. С. 49-52.
5. Деев Е.А., Корнилов С.Н. Методика оптимизации мультимодальных контейнерных перевозок // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2015. №1(6). С. 17-20.

С.О. Картунова, Г.А. Петров, Х.Р. Губайдуллин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ НА КАРЬЕРАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье приведены краткие сведения об области применения в современных условиях по наблюдениям деформаций на карьерах с использованием современных технологий, в обход классических геодезических методов.

Борьба с оползнями во многих случаях оказывается чрезвычайно сложной, дорогостоящей и зачастую неэффективной. Для успешного применения противооползневых мероприятий необходимо высококачественное выполнение инженерно-геологических изысканий для оценки фактической степени устойчивости склона. В настоящее время для наблюдений деформаций на карьерах используют как классические геодезические методы, так и определение деформаций, с применением современных технологий и оборудования. В настоящее время, в маркшейдерии значительным технологическим новшеством стало активное внедрение в практику лазерных сканирующих систем и применение ГНСС.

Лазерное сканирование. Определение деформаций на карьерах в современных условиях производят с помощью лазерного сканирования. Лазерное сканирование позволяет создать цифровую модель окружающего пространства, представив его набором точек с пространственными координатами. ЛС обладает большой скоростью измерений, наличие сервопривода, позволяющего измерять как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях и самое главное – скорость и плотность измерений. Суть технологии лазерного сканирования заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта. Это реализуется посредством измерения расстояния до всех определяемых точек с помощью лазерного безотражательного дальномера. Прибор, реализующий на практике приведенную технологию измерений, называется *лазерным сканером*. Результатом работы лазерного сканера является множество точек с вычисленными трехмерными координатами. Такие наборы точек называют *облаками точек* или *сканами*. Обычно количество точек в одном облаке может варьировать от нескольких сотен тысяч, до нескольких миллионов. Лазерные наземные сканеры часто классифицируют по принципу определения пространственных координат [2] на импульсные, фазовые и триангуляционные. В импульсных сканерах реализован метод определения расстояний. Главное достоинство таких сканеров большая дальность измерений (более 100 м). Дальность действия фазовых сканеров ограничена 100 м. Большой мощности лазера не требуется, поэтому расстояния могут быть измерены с ошибкой в несколько мм. Скорость измерений фазовых сканеров превосходит скорость импульсных сканеров. Триангуляционный метод реализован в высокоточных сканерах. Такие сканеры позволяют достичь точности измерений в десятые и даже сотые доли миллиметра, но на коротких дистанциях (базисы). Результатом работы лазерной сканирующей системы являются, как плоские чертежи и полные трехмерно визуализированные картины объекта. Необходимость использования в настоящее время новой технологии при наблюдениях за дефор-

мациями на карьерах основывается на ее уникальных возможностях. При лазерном сканировании можно выделить три основных особенности:

- данная технология полностью реализовала принцип дистанционного зондирования, позволяющий собирать информацию об исследуемом объекте, безконтактно, что позволяет с большой вероятностью безопасного ведения работ производить съемки.

- по полноте и подробности получаемой информации с лазерным сканированием не может сравниться ни один из ранее реализованных (геодезических) методов.

- лазерное сканирование отличается очень большой скоростью работы.

Мониторинг объектов с применением ГНСС. Все чаще к решению задач по наблюдениям за деформациями в карьерах привлекают средства измерений, основанных на глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС). Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) – это система, при помощи которой можно получить координаты в любой точке земной поверхности путем обработки спутниковых сигналов. Любая ГНСС состоит из трех сегментов: космического, наземного и пользовательского. Космический сегмент представлен созвездием спутников, передающих информацию о своем положении на орбите; наземный сегмент состоит из не подвижных станций, обеспечивающих мониторинг и контроль положения спутников, а также их технического состояния; пользовательский сегмент - это спутниковые приемники необходимые для определения точек местоположения на земной поверхности. Определение координат по наблюдениям навигационных спутников пользуются следующими методами [6]:

- абсолютный метод: координаты получают одним приёмником в системе координат искусственного спутника Земли (ИСЗ) методом засечки. Метод также носит название «точечное позиционирование»;

- дифференциальный метод: наблюдения выполняются не менее чем двумя приёмниками, один из которых расположен на опорном пункте с известными координатами, а второй – на определяемом. Метод обеспечивает «мгновенные» решения, или решения в реальном времени;

- относительный метод: одновременно выполненные на опорном и определяемом пунктах наблюдения обрабатываются совместно. В этом методе определяют вектор, соединяющий Опорный и определяемый пункты, или так называемый «вектор базовой линии».

В каждом из указанных методов определение координат возможно путём измерения как по фазе кода, так и по фазе несущей частоты сигнала. Точность кодовых дальностей имеет метровый уровень, точность фазовых измерений составляет несколько мм. В каждом из методов наблюдения могут быть выполнены в режимах статики и кинематики. Главное преимущество мониторинга с применением ГНСС состоит в его непрерывном характере, что возможно и в реальном масштабе времени, и с постобработкой. Это особенно важно, когда альтернативой является выполнение работ классическими геодезическими методами, проводимых с интервалом в год, полгода или ежемесячно. Когда проводится долгосрочный и непрерывный мониторинг деформаций сооружений с применением ГНСС, суточные или сезонные эффекты легко выявляются как фоновый шум в числовых диаграммах, таблицах и графиках, показываемых системой. Истинное движение различается как отступление от этого фонового шума. Весьма важным считается темп записи данных.

Список литературы

1. Геодезические методы исследования деформаций сооружений / Зайцев А.К., Марфенко С.В., Михелев Д.Ш. и др. М.: Недра, 1991. 272 с.
2. Лазерное сканирование. Каталог компании «Навгеоком», 2006.
3. Зейлер М. Моделирование нашего мира (руководство ESRI по проектированию базы геоданных). М.: МГУ, 2001. 255 с.
4. Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 1997. 253 с.
5. Ковров А.А. Использование сканеров Riegl в архитектуре и маркшейдерии // Геопрофи. 2005. №6. С. 19-22.
6. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии: монография. В 2 т. Т. 2. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2006. 360 с.

УДК 622.271.326:622.6

К.В. Бурмистров, Г.В. Михайлова, А.Р. Хилажев, З.Р. Даутбаев, В. Якшина

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАРЬЕРА «МАЛЫЙ КУЙБАС» С ВОВЛЕЧЕНИЕМ В ОТРАБОТКУ ЗАКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ

***Аннотация.** В статье представлено обоснование выбора комплекса оборудования и оценка целесообразности освоения законтурных запасов месторождения Малый Куйбас открытым способом.*

***Ключевые слова:** открытые горные работы, реконструкция, технологический комплекс, выемочно-погрузочное оборудование, разнос борта.*

Карьер «Малый Куйбас» является собственной железорудной сырьевой базой горно-обогатительного производства ОАО «ММК» и обеспечивает более 10% от общей потребности комбината в сырой руде. Основным поставщиком железной руды является АО «Соколовско-сарбайское ГПО» находящееся на территории республики Казахстан. Также ОАО «ММК» закупает железорудное сырье на предприятиях разрабатывающих месторождения курской магнитной аномалии (Михайловское, Лебединское, Стойленское), на Бакальском РУ и др.

При существующей проектной производительности карьера по руде в 2,4 млн.т. в год открытые горные работы в проектных контурах будут завершены к 2023 году, конечная глубина карьера при этом достигнет 320 метров [1].

При этом за контуром карьера остаются запасы железной руды, которые могут быть отработаны (рис. 1). Так как развитие собственной железорудной базы для предприятия является стратегически важной задачей, в ходе исследований была рассмотрена возможность и целесообразность вовлечения законтурных запасов в разработку.

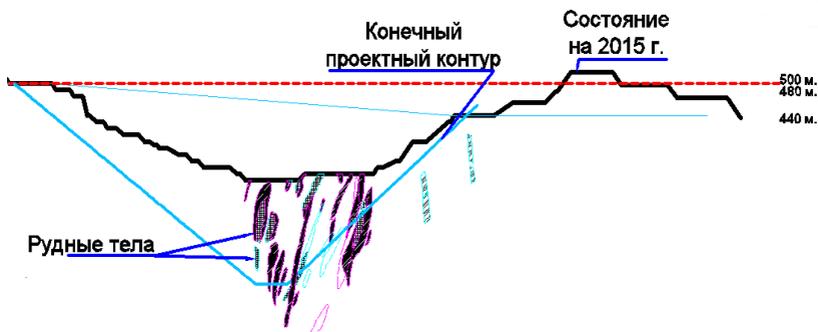


Рис. 1. Геологический разрез карьера «Малый Куйбас»

Освоение запасов за проектным контуром карьера может осуществляться как открытым, так и подземным способом. Учитывая очевидные недостатки внедрения подземного способа разработки на месторождении [2] в работе была рассмотрена возможность вовлечения в отработку законтурных запасов открытым способом.

В ходе исследований был рассмотрен вариант реконструкции карьера «Малый Куйбас» путем переноса части объема внешних и внутренних отвалов, произвести разнос борта карьера для освоения запасов железной руды за проектным контуром карьера. Это в свою очередь приведет к увеличению срока службы предприятия.

В работе были рассмотрены 2 варианта приращения проектной глубины карьера - 60 и 80 метров (рис. 2). Для выполнения предварительных расчетов в ходе углубления карьера угол наклона нерабочего борта был принят равным значению, принятым в проекте разработки месторождения.

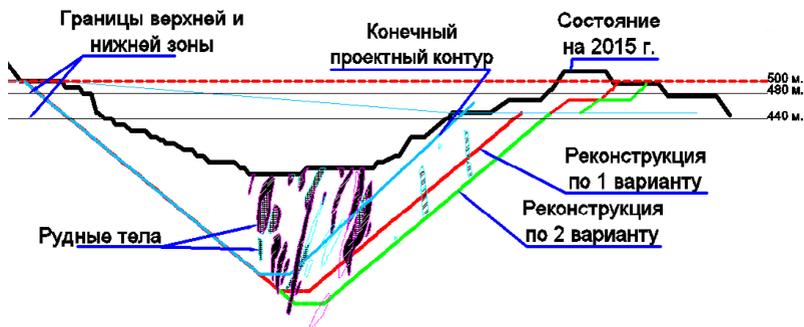


Рис. 2. Геологический разрез с контурами реконструкций карьера

При выполнении исследований было принято решение рабочую зону условно разделить на верхнюю вскрышную и нижнюю добычную зоны, которые отличаются технологией производства работ. В нижней зоне в отметках от дна карьера до средней отметки + 440 м предусматривается добыча полезного ископаемого и разработ-

ка скальных вскрышных пород с применением существующего на карьере комплекса оборудования, в верхней вскрышной зоне предусматривается разработка отвалов вскрышных пород и выемка наносов без применения буровзрывных работ. Для добычи руды за предельными контурами карьера потребуется интенсивный разнос верхней зоны. Поэтому для данной зоны предполагается провести техническое перевооружение. При обосновании комплексов оборудования для верхней зоны необходимо учитывать взаимосвязку динамики работ в верхней и нижней зонах для обеспечения проектной производительности по полезному ископаемому.

При обосновании схем механизации горных работ в верхней зоне первоочередное внимание отводилось выбору выемочно-погрузочного оборудования [3]. Так как в верхней зоне не производятся буровзрывные работы, появляется возможность отработки горизонтов более мощными слоями. Было принято решение горные работы в верхней зоне производить слоями мощностью 15÷20 м: зона наносов отрабатывается сдвоенными уступами, отвалы отрабатываются с соответствующих отметок. При этом, с учетом разницы в физико-механических свойствах пород отвалов и покрывающих пород месторождения под которые подбиралась данная техника, рассматривались гидравлические экскаваторы и механические лопаты с высотой черпания достаточной, чтобы отрабатывать слой мощностью не менее 15 м.

В ходе исследований технология и механизация горных работ в нижней зоне осталась без изменений, что в свою очередь позволит сохранить существующие параметры системы разработки.

В расчетах учитывалось оборудование, числящееся на предприятии в данное время: ЭКГ-5А (12 шт.), БелАЗ-7548 (62 шт.), СБШ-250МН (12шт.), бульдозеры Т-330 (2шт.), Т-25 (1 шт.), ДЭТ-250 (1шт.).

Необходимое количество оборудования по рассматриваемым вариантам реконструкции и формируемым комплексам представлено в таблице.

Таким образом, в ходе исследования была доказана целесообразность реконструкции карьера «Малый Куйбас», путем переноса части объема внешних и внутренних отвалов, разноса бортов карьера для дальнейшего освоения законтурных запасов железной руды. Согласно выполненным расчетам наиболее целесообразным является 1 вариант реконструкции при 2 варианте комплекса оборудования.

Необходимое количество оборудования и рентабельность, шт.

Места применения	Комплексы оборудования	Наименование техники	1 Вариант	2 Вариант
Верхняя зона	1 комплекс	ЭКГ-5А	2	3
		БелАЗ-7548(45 т)	15	19
		Рентабельность, %	91,52	63,87
	2 комплекс	ЭКГ-10УС	1	2
		БелАЗ-75570(90 т)	4	6
		Рентабельность, %	106,61	73,44
3 комплекс	ЭКГ-6,3У	2	2	
	БелАЗ-7548	13	13	
	Рентабельность, %	91,15	70,65	
Нижняя зона	Для всех вариантов	ЭКГ-5А	7	9
		БелАЗ-7548	52	66

Список литературы

1. Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Кидяев В.А. Выбор оптимального направления развития горных работ в период интенсивной разработки месторождения «Малый Куйбас» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2010. №7. С. 302-306.
2. Оценка эффективности применения технологических схем транспортирования руды при отработке законтурных запасов месторождения / Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Бурмистрова И.С., Рахмангулов А.Н., Кидяев В. А., Томилина Н.Г. // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Вып. 3: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. №4 (специальный выпуск 15). М.: Издательство «Горная книга». С. 131-139.
3. Бурмистров К.В., Колонюк А.А., Аргимбаев К.Р. Выбор комплексов оборудования для производства выемочно-погрузочных работ в стесненных условиях нижних горизонтов карьеров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №1. С. 22-25.

УДК 622.75

И.А. Гришин, А.В. Павелин

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДА И ТИПА РЕАГЕНТОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ФЛОТАЦИИ МАГНЕЗИТ-СЕРПЕНТИНИТОВЫХ РУД

***Аннотация.** В работе проведены флотационные опыты магнезит-серпентинитового сырья Халиловского месторождения аморфных магнезитов. Изучено влияние на показатели флотации различных собирателей и депрессоров. Установлен оптимальный реагентный режим, при котором получен пенный продукт со сниженной до 0,64% массовой долей SiO_2 .*

***Ключевые слова:** флотация, пенный продукт, реагенты, таловое масло, жидкое стекло.*

Магнезит является исходным сырьем для получения магнезии и его солей; его используют для производства огнеупоров и вяжущих материалов, в химической промышленности; применяется для производства огнеупорного кирпича. При температуре 750-1000°C из магнезита получают порошкообразную химически активную, т.н. каустическую, магнезию, из которой ещё не полностью удалена CO_2 . При 1500-2000°C получают огнеупорную магнезию, которая состоит главным образом из кристаллов периклаза (MgO) с температурой плавления около 2800°C. При повышенной температуре (до 3000°C), в электропечах получают особо чистый плавненный периклаз.

Наиболее массовый продукт переработки магнезита - огнеупорная магнезия - используется преимущественно в металлургии. Каустическая магнезия применяется в процессах химической переработки (слабощелочной реагент, катализатор и др.), как удобрение, для подкормки скота, в специальных цементах, в производ-

стве целлюлозы, для получения вискозы, синтетических каучуков, красок (огнеупорный наполнитель), сахара и конфет, в виноделии, стеклоделии, керамике (флюсы), электронагревательных стержнях, водо- и газоочистке, при переработке урана, как антикоррозийная добавка к нефтяным топливам. Спектр применения магнезита достаточно широк.

В природном магнезите присутствуют примеси доломита, кальцита, кварца, железа и другие. Особенно вредны примеси минералов, содержащие кремний и оксид кальция, которые образуют после обжига легкоплавкие соединения, резко снижающие качество огнеупоров. Высококачественные огнеупорные материалы могут быть получены из магнезитовых концентратов, содержащих минимальное количество примесей, главным образом, CaO и SiO₂. Удаление этих примесей, в особенности кремнезема – основная задача обогащения магнезитовых руд.

Магнезит встречается в природе в кристаллическом и аморфном виде. Кристаллический магнезит представляет собой минерал, отличающийся четким кристаллическим строением и напоминающий по виду доломит или крупнозернистый мрамор. Аморфный магнезит имеет вид фарфоровой массы, цвет его обычно белый, но встречаются и другие цвета в зависимости от примесей.

Известное месторождение магнезита в СССР находится на Южном Урале, в Сатке. Саткинские кристаллические магнезиты характеризуются высоким содержанием MgO и очень небольшим содержанием окиси кальция. Известны месторождения магнезита в Башкирской АССР и Челябинской области. В Оренбургской области имеются месторождения аморфных магнезитов. Одним из самых известных отечественных месторождений аморфного магнезита является Халиловское.

Халиловское месторождение аморфного магнезита инфильтрационного типа связано с корой выветривания дунитов и гарцбургитов одноименного массива. Оно образовалось путем химического выветривания гипербазитов под воздействием углекислых вод в нижних горизонтах коры выветривания серпентинитов. Залежи магнезита имеют форму жил, часто образующих штокерки, небольших гнезд и линз, и незначительно развиты на глубину, обычно до 20-30 метров.

С 1921 года на месторождении началась добыча и переработка аморфных магнезитов сначала Оренбургским Губсиликаттрестом (с 1927 по 1931 – Оренбургский горный трест), а с 1931 по 1951 год – Халиловским магнезитовым заводом Орского строительного треста. Годовая добыча на первом этапе составляла 2000 тонн, а затем в годы войны и послевоенные годы достигала 6-10 тысяч тонн. Массовая доля компонентов в сырье рудоразборки: MgO – 34,1–47,3%; SiO₂ – 0,4–1,2%; CO₂ – 44,2–51,2%; CaO – 0,7–2,6%.

С 1999 г. ЗАО "Литосфера" проводит разведочные и добычные работы на месторождении. Результаты химических анализов проб показали, что на центральном участке месторождения количество рудоразборного магнезита колеблется от 2,1 до 27%, а массовая доля вредной примеси CaO от 1,05 до 3,6%. Другие компоненты: Al₂O₃, MnO, TiO₂, FeO, K₂O, Na₂O, S, P₂O₅, как показали результаты предыдущих исследований, содержатся в незначительных количествах и в сумме не превышают 1%. Переработка исходного сырья осуществляется на дробильно-сортировочной установке. Технология переработки включает дробление, разделение на классы крупности -300+60, -60 +20 и -20+0 мм. Первый класс крупности перерабатывается ручной сортировкой или направляется на додрабывание до крупности -60 мм, второй обогащается при помощи рентгено-флюоресцентной сепарации, а класс -20 мм складывается в

отвал. Выход класса -20 мм не превышает 10-15%, но ежегодно это составляет 100–160 тыс. т. Массовая доля MgO в этом материале колеблется в пределах 43,5–45,5%. Он представлен магнезитом и серпентинитами, которые в значительном количестве содержат SiO₂.

Для изучения возможности повышения качества магнезита и отделения серпентинитов была отобрана проба от класса крупности -20 мм текущей переработки. Наиболее перспективным методом обогащения данного сырья по данным ИПКОН РАН (Журнал "Горная Промышленность" №2 2001) представляется флотационный. Известны схемы флотации в содовой среде при pH=10.0–10.5. В качестве собирателей использовали кубовые остатки синтетических жирных спиртов (КОС), таловое масло (ТМ), технические жирные кислоты (ТЖК). Для депрессии кальций- и кремнийсодержащих минералов обычно применяли гексаметафосфат натрия (ГМФ), карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), жидкое стекло (ЖС) и сульфат алюминия.

Опыты проводились в лабораториях кафедры ГМДиОПИ. Изучалось влияние на показатели прямой селективной флотации различных собирателей и депрессоров. Из реагентов использовали таловое масло (хвойное, лиственничное и дистиллированное), жидкое стекло, сульфат алюминия, КМЦ. Флотация проводилась в содовой среде. Наилучшие показатели были достигнуты при pH=10.

При изучении влияния типа собирателя наилучшие результаты при одинаковом расходе 600 г/т показало хвойное таловое масло. При его применении наблюдался наибольший выход пенного продукта – 23,75%. Массовая доля MgO и SiO₂ в пенном продукте с изменением типа собирателя изменялась незначительно.

Расход жидкого стекла изменялся от 150 до 400 г/т. Оптимальным расходом при анализе показателей флотации оказался 300 г/т. Массовая доля SiO₂ в пенном продукте при данном расходе оказалась наименьшей и составила 0,72%.

Применение сульфата алюминия с расходами в пределах 50-150 г/т и КМЦ с расходами 50-200г/т не повысили эффективность флотации.

Таким образом, установленный оптимальный реагентный режим при флотации магнезит-серпентинитового сырья Халиловского месторождения следующий: расход хвойного талового масла – 700 г/т, жидкого стекла – 300 г/т. Флотация проводится в содовой среде при pH=10. При таком режиме выход пенного продукта составил 54,8%, с массовой долей MgO 45,8%, SiO₂ - 0,64%. Извлечение MgO в пенный продукт 57,7%.

УДК 553.4:622.2

Е.А. Емельяненко, Т.С. Кравчук, Д.В. Кауров

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР

Аннотация. В статье представлены основные принципы эколого-экономического обоснования комплексного освоения недр. Предлагается подход к обоснованию экономической целесообразности проектирования разработки ме-

сторождений с разделением потоков природного и техногенного минерального сырья в зависимости от его физико-технических характеристик.

Ключевые слова: комплексное освоение недр, труднообогатимые медно-колчеданные руды, техногенное и природное минеральное сырье, экологические платежи, суммарный доход.

В результате более чем 100 летней эксплуатации природных эколого-геологических систем – медно-колчеданных месторождений Урала сформировано большое число горнотехнических техногенных систем (ГТС) [1,2], уже не просто тесно связанных с сопутствующими природными биосистемами водного, лесного и сельскохозяйственного назначения, но оказывающих решающее влияние на их развитие или угнетение. Экстенсивное развитие и высокая концентрация горнотехнических систем на Южном Урале привели к тому, что все крупные промышленные города входят в список экологически неблагоприятных, а среда обитания характеризуется как опасная для жизни человека.

Оценкой комплексности освоения недр, проведением экологического мониторинга ГТС и разработкой геотехнологий, позволяющих снижать антропогенную нагрузку на среду обитания человека, содействовать достижению устойчивого развития общества призвана заниматься лаборатория экологически сбалансированного освоения и сохранения недр, созданная в ИПКОН РАН при поддержке гранта Российского научного фонда [3,4]. Основным направлением при создании экологически сбалансированного цикла освоения недр является выявление "узких мест" в технологиях добычи и переработки минерального сырья, следствием которых являются опасные и вредные производственные факторы. Их устранение позволит сбалансировать экосистему в районе действия горных предприятий.

В настоящее время только комбинированная разработка, предусматривающая расширение организационно-производственной структуры на основе рационального сочетания физико-технических и физико-химических геотехнологий и утилизации конечных отходов в выработанном пространстве недр способна обеспечить экологически сбалансированный цикл освоения недр, основанный на «биогенных принципах» [5,6].

В основу выбора принципов эколого-экономического обоснования экологически сбалансированного комплексного освоения медно-колчеданных месторождений положена дифференциация минерально-сырьевых потоков, формирующихся при добыче и переработке руд и сопутствующего техногенного сырья [6].

Первичные минерально-сырьевые потоки - это потоки, которые определяют производственную мощность горно-обогатительного предприятия по товарной продукции. Формируются потоки из минеральных веществ разного структурного и агрегатного состояния - этими веществами являются руда и продуктивные растворы. Качественный состав первичных минерально-сырьевых потоков (объем, содержание ценных и вредных компонентов, минеральный и гранулярный состав руд и минералов) формируется из технических условий их последующей переработки. Перемешивание разных типов руд нецелесообразно в связи с потерями металла, при недостаточном раскрытии сростков в массивных рудах.

В настоящее время горные предприятия идут неохотно на затраты, связанные с заблаговременным разделением первичных и вторичных потоков минерального сырья в зависимости от их физико-технических характеристик, а также затрат,

связанных с отдельным складированием будущего сырья на поверхности и его утилизации.

Поэтому основной задачей является доказательство экономической выгоды разделения потоков первичного и вторичного минерального сырья на всех стадиях освоения месторождения и его переработки, и необходимости заложения принципа экологизации технологий добычи и переработки минерального сырья еще при проектировании горных объектов.

Предлагается новый подход к эколого-экономическому обоснованию комплексного освоения месторождений труднообогатимых медно-колчеданных руд и сопутствующего техногенного сырья, основанный на сравнении затрат и экологических платежей при разработке месторождений традиционными способами разработки с затратами и экологическими платежами при разделении потоков минерального сырья и использовании комбинированных физико-технических и физико-химических геотехнологий, а также утилизации отходов горнопромышленного производства в выработанном пространстве недр.

В первом случае совокупные затраты на разработку месторождения будут иметь меньшее значение, чем при комплексном освоении того же месторождения, однако экологические платежи во втором случае будут значительно снижены, за счет уменьшения количества отходов на поверхности и объемов сбросов сточных вод, а также сокращения земель, занятых под склады некондиционного сырья.

На следующей стадии эколого-экономического обоснования предлагается разделить совокупный доход от освоения месторождения традиционными способами добычи и при комплексном освоении недр.

Совокупный доход во втором случае для предприятия будет больше не только за счет снижения экологических платежей, но и дополнительных объемов добытых ценных компонентов физико-техническими и физико-химическими геотехнологиями, применения попутного сырья для строительной промышленности и сокращения выплат за землю для складирования отходов, которые можно разместить в выработанном пространстве недр.

С целью эколого-экономического обоснования комплексного освоения месторождений медно-колчеданных месторождений, содержащих комплексные руды необходимым является изучения зависимости размеров экологических платежей от следующих параметров горнотехнической системы: объем добычи руды (млн. т.), содержание полезных компонентов в руде (%), объем пустых пород и поверхности (млн. м³), объем твердых отходов (млн. м³), объем жидких отходов (млн. м³), объем некондиционных руд на поверхности (млн. м³), объем притоков воды в горные выработки (м³) и объем сбрасываемых сточных вод с земельного отвода (м³).

Для снижения негативного воздействия разработки месторождений полиметаллических руд на окружающую среду предполагается на стадии проектирования выполнять эколого-экономическое обоснование комплексного освоения месторождений, что позволит сбалансировать экосистему в районе действия горных предприятий и повысить суммарный доход от освоения месторождений.

Список литературы

1. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В. Комплексный подход к проектированию разработки и эксплуатации месторождений – основа экологически сбалансированного освоения и сохранения недр // II Горнопромышленный форум стран СНГ по устойчивому развитию. Тезисы докладов и выступлений / под ред. чл.-корр. НАН РК С.Ж. Галиева. Астана, 2014. С. 4-7.
2. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Условия устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса России // Условия устойчивого развития минерально-сырьевого комплекса России. Вып. 1: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 10. С. 3-11.
3. Трубецкой К. Е. Принципы обоснования параметров устойчивого и экологически сбалансированного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // ГИАБ. 2014. № 12. С. 3–10.
4. Рыльникова, М.В., Емельяненко Е.А. Предпосылки перехода к экологически сбалансированному освоению медноколчеданных месторождений // Горный журнал. 2015. № 11. С. 36-41.
5. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. М.: Научтехлитиздат, 2003. 216 с.
6. Горбатова Е.А., Емельяненко Е.А., Зарецкий М.В. Система поддержки принятия решений для проектирования технологии комплексного освоения колчеданных месторождений // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс]: тр. Пятой Междунар. науч. конф., Банное, Россия, 24–28 февр. 2016 г. (ИТиС - 2016) : науч. электрон. изд. (1 файл 8,9 Мб) / отв. ред. Ю. С. Попков, А. В. Мельников. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2016. С. 224-226. 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

УДК 622.7: 622.371

Р.С. Мубаряков, Р.Р. Хисматуллин, Е.Ю. Дегодя

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АЛМАЗНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ

Аннотация. АЛПРОСА – российская государственная горнорудная компания, лидер мировой алмазодобывающей отрасли. В настоящее время основные производственные мощности АК «АЛПРОСА» сосредоточены преимущественно в Западной Якутии и Архангельской области. Всего АК «АЛПРОСА» разрабатывает 27 месторождений алмазов. В производственную базу входит 11 коренных и 16 россыпных месторождений. Коренные месторождения отрабатываются как открытым (карьерным), так и подземным способом. На территории Республики Саха (Якутия) действуют четыре горно-обогачительных комбината – Мирнинский, Айхальский, Удачинский, Нюрбинский.

Ключевые слова: алмаз, кимберлитовая руда, бриллиант, карат, добыча, обогащение.

В России добычу алмазов ведет российская государственная горнорудная компания АЛРОСА, которая является лидером мировой алмазодобывающей отрасли. АК «АЛРОСА» создана в соответствии с Указом Президента Российской Федерации «Об образовании акционерной компании «Алмазы России – Саха» от 19 февраля 1992 г. № 158С. Рыночные позиции АК «АЛРОСА» впечатляют, так как компания занимает первое место в мире по объемам добычи алмазов в каратах и её доля в мировой добыче по данным на 2014 год составляет более 25% (в 2002 г. – 18%). АК «АЛРОСА» добывает 95% всех алмазов Российской Федерации.

Алмаз состоит из чистого углерода, но обычно содержит небольшие примеси различных химических элементов, входящих в кристаллическую структуру или в состав включений других минералов. В непрозрачных и окрашенных разновидностях содержатся примеси оксидов алюминия, кремния, магния, кальция, железа (около 5%). Алмаз кристаллизуется в кубической сингонии и относится к гексатетраэдрическому виду симметрии. В природе он обычно встречается в виде хорошо образованных кристаллов или их обломков. Твердость алмаза по шкале твердости минералов (шкале Мооса) составляет 10 и превышает твердость всех известных в природе минералов. Данный минерал обладает совершенной спайностью по октаэдру и менее совершенной по ромбическому додекаэдру. Величина алмазов измеряется в метрических каратах: 1 карат=0,2 г.

Различают два вида алмазного сырья: ювелирные алмазы и технические алмазы. Ювелирные алмазы – это камни совершенной формы, высокой прозрачности, хорошей и равномерной окраски, без трещин и включений. По степени прозрачности и блеску различают камни «первой, второй и третьей воды». После огранки ювелирные алмазы получают название бриллиантов. Бриллианты различают по цветовым оттенкам – от бесцветного до желто-коричневого. Для определения цвета бриллианта камень сравнивают с эталоном, после чего ему присваивают соответствующий индекс по шкале цвета. По признанной в мире системе GIA (Гемологический Институт Америки) цвет характеризуется литерой от А до Z, по отечественным технологическим требованиям – цифрой от 1 (бесцветный) до 9 (коричневый).

К техническим алмазам относятся все минеральные образцы, непригодные для ювелирных целей. В зависимости от качества, строения и твердости различают несколько сортов технических алмазов бортс, баллас и карбонадо. Технические алмазы используются в алмазных буровых коронках, пилах, резцах, фильерах для вытягивания проволоки, для изготовления полировальных порошков и паст, а также в оптической и электронной промышленности как полупроводники др.

За более чем полувековую историю присутствия на мировом рынке российские алмазы приобрели общепризнанную репутацию наиболее привлекательного товара для потребителя.

Во-первых, в общей массе, добываемых на российских месторождениях камней, присутствует большое количество кристаллов правильной формы, что позволяет производителям получать дополнительные технологические преимущества при изготовлении бриллиантов идеальных пропорций.

Во-вторых, цветовые характеристики российских алмазов считаются одними из лучших в мире, то есть возможность получения бриллианта «чистой воды» из российского сырья намного больше, чем из алмазов каких-либо других источников.

В-третьих, в алмазном сообществе широко известно, что российские алмазы наиболее удобны в обработке. Производители бриллиантов, имеющие многолетний опыт работы с российскими алмазами, подтверждают, что именно алмазы, добытые на российских месторождениях, обладают такими уникальными морфологическими свойствами, которые позволяют во многом избежать технологических издержек, увеличивают скорость операций при обработке.

Каждый бриллиант проходит специальную геммологическую экспертизу, на основании которой выдается сертификат соответствия, являющийся, по сути, единственным подтверждением истинности бриллианта. Сертификат соответствия отражает основные характеристики бриллианта: вес, цвет, чистоту огранки.

Стоимость бриллианта рассчитывается исходя из цены одного карата. Чем больше вес бриллианта – тем выше его стоимость. Вес бриллианта измеряют на специальных весах. Его также можно приблизительно определить по диаметру камня. Но не только вес бриллианта влияет на цену – важна также чистота бриллианта, цвет и форма его огранки.

Самой крупной компанией в России по добыче и переработке алмазов является АК «АЛРОСА». В состав АК «АЛРОСА» входит один из самых известных ГОКов России – «Удачный ГОК». Данный комбинат функционирует уже на протяжении 35 лет и приносит существенную прибыль компании. Основными источниками сырья комбината на данный момент являются: рудник Удачный, карьер Зарница, и несколько россыпных месторождений. Сумма запасов всех месторождений составляет более 250 миллионов тонн руды. Среднее содержание алмазов в рудах данных месторождений варьируется в различных пределах, от 1,38 до 0,21 карата на тонну добываемой руды.

Руда после добычи автосамосвалами поступает на обогатительную фабрику №12, которая расположена вблизи рудника, и имеет высокую производительность, порядка 12 миллионов тонн руды в год. На данный момент производительность фабрики составляет 4-5 млн. т/год.

Поступающая на фабрику кимберлитовая руда, проходит операции рудоподготовки, включающие крупное дробление в конусных дробилках, измельчение в девятиметровых мельницах мокрого самоизмельчения, и грохочение в инерционных грохотах различных модификаций на пять классов крупности. Это дает возможность продуктам грохочения обогащаться различными методами. Так, материал крупностью -50+20, -20+10, -10+5 мм поступает на рентгенолюминесцентную сепарацию, где используется свойство алмазов люминесцировать под воздействием рентгеновского излучения. Мелкий продукт -5+2 мм поступает на отсадочную машину, где происходит разделение руды по плотности и алмаз направляется в тяжелую фракцию. Самый мелкий продукт грохочения подвергается сначала обогащению на винтовых сепараторах с целью выделения алмаза в черновой концентрат, а потом направляется на пенную сепарацию. Далее все продукты, полученные при обогащении, отправляются в цех доводки для получения чистых алмазов. Хвосты рентгенолюминесцентной сепарации и отсадки, отправляются обратно в мельницу с целью доизмельчения и проходят путь обогащения заново.

Для предотвращения и минимизации негативного воздействия на окружающую среду и управления экологическими рисками компания «АЛРОСА» реализует экологическую политику, основополагающими принципами которой являются:

- соблюдение требований национального и международного экологического законодательства;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет принятия управленческих и технологических решений с учетом значимых экологических аспектов деятельности компании;
- постоянное улучшение функционирования системы экологического менеджмента;
- внедрение передовых технологий с целью достижения высокого уровня экологической безопасности во всех сферах деятельности компании;
- повышение уровня экологической сознательности персонала компании и вовлечение его в деятельность по снижению экологических рисков;
- открытость и доступность экологической информации, информирование широкого круга заинтересованных сторон о природоохранной деятельности компании.

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И МАТЕРИАОБРАБОТКИ

УДК 669.162.12

Д.Р. Ганин, В.Г. Дружков, А.А. Панычев, А.Н. Шаповалов

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ИЗ СЫРЬЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ОРЕНБУРЖЬЯ В АГЛОМЕРАЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Аннотация. Рассмотрена возможность использования в агломерационном производстве минеральных добавок из сырья месторождений Восточного Оренбуржья. Исследовано влияние добавок пылевидных отходов переработки бурожелезняковых руд Новокиевского месторождения, вводимых в аглошихту в виде пульпы при окомковании, на показатели производства агломерата. Определены рациональные условия применения добавок бурожелезняковых руд, вводимых в аглошихту с пульпой при окомковании.

Ключевые слова: агломерационная шихта, минеральные добавки, бурый железняк, пульпа, окомкование, прочность агломерата.

Увеличение производительности агломашин при одновременном повышении качества агломерата является актуальной задачей для любого агломерационного производства. Одним из наиболее действенных способов воздействия на аглопроцесс является использование добавок в аглошихту, улучшающих её окомкование и способствующих активизации процессов минералообразования при спекании [1]. В условиях АО «Уральская Сталь» в качестве таких добавок целесообразно использовать сырьё Восточного Оренбуржья: бурожелезняковые руды Орско-Халиловской группы месторождений (отвальная мелочь Новокиевского месторождения, руды Новопетропавловского и Аккермановского месторождений), серпентинитомагнетиты Халиловского месторождения, бентонитовые глины Воскресенского и Новокиевского месторождений [2-4]. В связи с ухудшением однородности шихты при увеличении количества её компонентов, при существующей технологии подготовки аглошихты добавки-активаторы необходимо подавать при увлажнении аглошихты с водой в виде пульпы [5]. На первом этапе работы исследовали влияние добавок пылевидных отходов переработки бурожелезняковых руд Новокиевского месторождения, вводимых в шихту в виде пульпы при окомковании, на показатели аглопроцесса.

За базовый период при проведении исследований были приняты усреднённые условия и показатели работы аглоцеха АО «Уральская Сталь» в зимнее время (с ноября по апрель) за 5 лет. В состав аглошихты входили: аглоруда Бакальского рудоуправления (БРУ) и концентрат «доменный» (смесь аглоруды и концентрата Михайловского горнообогатительного комбината (МГОК) в соотношении 1:3). Для обеспечения стабильных условий проведения экспериментов из состава шихты были исключены: окалина, металлоконцентрат, отсев брикетов, доменный присад, колошниковая пыль и шлам УОШ. В связи с непостоянством степени обжига известь была заменена известняком. Отсев агломерата и окатышей был заменён воз-

вратом – агломератом от предыдущих опытов крупностью 0-5 мм. Содержание возврата в аглошихте составляло 25 % от массы сухой железорудной смеси (ЖРС), перешедшей в агломерат. При подготовке аглошихты производился отсев фракций аглоруды (+10 мм), известняка (+3 мм) и коксика (+3 мм). В качестве исходных данных для расчёта аглошихты использовали: содержание углерода топлива в аглошихте $C_T = 4,2$ %; содержание оксида магния в агломерате $MgO = 2,0$ %; основность агломерата, соответствующую верхней границе его минимальной прочности ($CaO/SiO_2 = 1,5$ ед.). Количество бурого железняка (крупностью $-0,063$ мм), вводимого с пульпой в аглошихту при окомковании, составляло по опытам, %: 0; 0,5; 1; 1,5 (от массы сухой ЖРС без учёта сидерита БРУ и возврата). Подготовка аглошихты производилась в смесителе-окомкователе $\varnothing 0,6$ м при $n = 9$ об/мин. Время обработки шихты в барабане включало: смешивание шихты (2,5 мин); смешивание шихты с её увлажнением до 3-4 % пневмораспылением воды (2,5 мин); окомкование шихты с её увлажнением до 6-8 % пневмораспылением пульпы (2,5 мин); окомкование шихты без её увлажнения (2,5 мин). Спекания проводили на аглошаше $\varnothing 210$ мм (постелью служил возврат 5-10 мм массой 2 кг). Условия и усреднённые результаты экспериментов (каждый эксперимент повторялся не менее 3 раз) представлены в таблице.

Условия и усреднённые результаты экспериментов

Параметры	Доля бурого железняка с пульпой (в % от массы сухой ЖРС без учёта сидерита БРУ и возврата)			
	0 %	0,5 %	1,0 %	1,5 %
Расход бурого железняка, кг/т	0	4,0	8,0	12,0
CaO/SiO ₂ (расч.), ед.	1,5			
MgO в агломерате (расч.), %	2,0			
Fe _{общ} в агломерате (расч.), %	51,46	51,38	51,30	51,22
Содержание углерода топлива в аглошихте, %	4,2			
Расход шихты, кг/т:				
аглоруда БРУ	134,23	133,40	132,57	131,73
аглоруда МГОКа	197,22	196,42	195,61	194,81
концентрат МГОКа	591,65	589,25	586,84	584,43
возврат	252,53	252,53	252,53	252,53
известняк	246,89	247,83	248,78	249,72
коксик	62,60	62,64	62,67	62,70
Влажность аглошихты, %	7,7	7,0	6,8	7,0
Содержание фр. 0-1 мм в шихте после окомкования, %	13,65	8,76	5,06	4,18
Высота слоя, мм	342,0	327,0	322,3	326,7
Скорость спекания, мм/мин	14,16	14,22	15,82	16,23
Выход годного из спёка, %	65,41	66,79	67,61	68,51
Прочность на удар, %	61,72	66,57	69,94	73,13
Сопrotивление истиранию, %	5,70	5,19	5,37	5,29
Производительность по годному агломерату, т/(м ² ·ч)	0,846	0,898	1,013	1,053
Fe _{общ} в агломерате (факт.), %	51,60	51,43	51,40	51,20
FeO в агломерате (факт.), %	14,27	13,50	13,98	13,17
CaO/SiO ₂ (факт.), ед.	1,44	1,45	1,50	1,47
MgO в агломерате (факт.), %	2,00	2,02	2,05	1,95

Как следует из полученных данных, с ростом расхода бурого железняка, подаваемого с пульпой, содержание фр. 0-1 мм в аглошихте после окомкования уменьшается, что улучшает начальную газопроницаемость слоя шихты. Ввод добавки бурого железняка, по-видимому, способствует и формированию более прочных гранул окомкованной шихты, что подтверждается повышением скорости спекания и выхода годного из аглоспёка, ростом производительности по годовому агломерату. Влияние расхода бурого железняка на барабанную прочность агломерата (по ГОСТ 15137-77) следующее: прочность агломерата на удар (доля фр. 5-40 мм) с повышением расхода увеличивается, а зависимость сопротивления агломерата истиранию (доля фр. 0-0,5 мм) имеет экстремальный характер – с ростом расхода бурого железняка вначале снижается (минимум на кривой аппроксимации при расходе 8,156 кг/т), а затем увеличивается. Ограничением по использованию добавки бурого железняка является повышенное содержание Ст, концентрация которого в передельном хромоникелевом чугуна согласно ГОСТ 805-95 ограничена 0,04 %. Поэтому расход добавки бурожелезняковых руд не должен превышать 13 кг/т при самых неблагоприятных условиях (доменная плавка на 100 % агломерата при полном переходе хрома в чугун).

Список литературы

1. Возможности совершенствования технологии производства агломерата в ОАО «Уральская Сталь» / Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н. // *Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XIX международной научно-практической конференции* / под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2015. Ч.1. С. 98-102.
2. Пути использования местных минеральных ресурсов в агломерационном производстве АО «Уральская Сталь» / Ганин Д.Р., Дружков В.Г., Панычев А.А., Шаповалов А.Н. // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2016. Т. 14. № 1. С.34-40.
3. Шаповалов А.Н., Заводяный А.В. Использование бентонитовых глин Воскресенского месторождения для производства железорудных окатышей // *Металлург*. 2014. № 5. С. 40-43.
4. Шаповалов А.Н., Заводяный А.В., Братковский Е.В. Применение серпентинитомагнезитов Халиловского месторождения в агломерационном производстве // *Известия вузов. Чёрная металлургия*. 2011. № 3. С. 25-29.
5. Пат. 2471005 РФ, МПК С22В 1/16. Способ агломерации железорудных материалов / А.А. Панычев, Д.Р. Ганин, А.П. Никонова. Заявл. 11.05.11; Опубл. 27.12.2012. Бюл. № 36.

Е.Е. Абанин, К.Е. Игонина, В.Н. Селиванов

ШЛАКООБРАЗОВАНИЕ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ

Аннотация. С целью совершенствования технологии непрерывной разливки стали экспериментально определили химический состав шлака в кристаллизаторе МНЛЗ и методом составления покомпонентного материального баланса рассчитали количество и состав неметаллических включений, ассимилированных шлаком. Полученные результаты позволяют уточнить требования к составу шлакообразующих смесей.

Ключевые слова: сталь, непрерывная разливка, кристаллизатор, шлакообразование, неметаллические включения, ассимиляция.

Цель работы состоит в определении количества и состава неметаллических включений, всплывающих в шлак в кристаллизаторе МНЛЗ. Для этого при разливке стали Ст2пс на МНЛЗ №4 ККЦ ОАО "ММК" из кристаллизатора отбирали пробы шлака. При отборе проб шлака контролировался расход ШОС, который составил 0,24кг/т. Результаты химического анализа этих проб представлен на рис. 1.

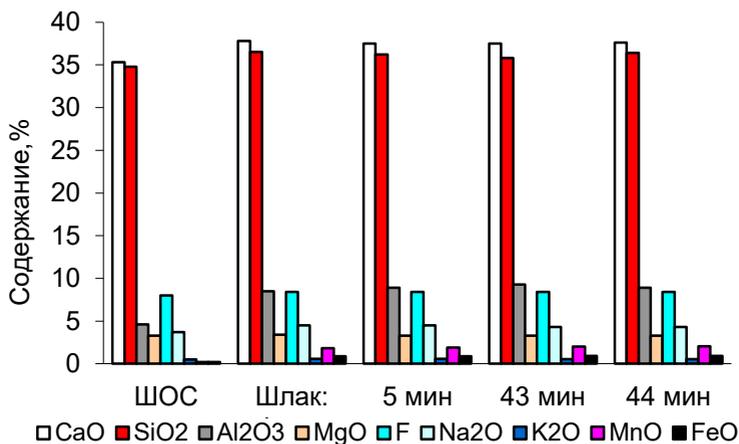


Рис. 1. Изменение химического состава шлака в кристаллизаторе при разливке стали Ст2пс

Из рис. 1 видно, что в процессе разливки химический состав шлака практически не изменяется, но обращает на себя внимание существенное различие содержания в шлаке и в исходной шлакообразующей смеси трех компонентов - оксидов алюминия, марганца и железа. Содержание оксида алюминия в шлаке почти в два, а оксида марганца в четыре раза выше, чем в шлакообразующей смеси. Оба эти оксида являются основными компонентами продуктов раскисления стали. Совершенно очевидно, что значительное повышение их содержания в шлаке по сравнению с шлакообразующей смесью, связано со всплыванием в шлак неметаллических вклю-

чений, оставшихся в металле после раскисления. Это дает основание к расчету массы и химического состава неметаллических включений по системе уравнений материального баланса для всех компонентов шлакового расплава:

$$(K_c)g_c + (K_{нв})m_{нв} = (K_{ш})m_{ш}, \quad (1)$$

где (K_c) , $(K_{нв})$ и $(K_{ш})$ – содержание данного компонента в шлакообразующей смеси, неметаллических включениях и в шлаке %; g_c – расход шлакообразующей смеси, кг/т стали; $m_{нв}$ – масса ассимилированных шлаком неметаллических включений, кг/т стали; $m_{ш}$ – масса шлакового расплава в кристаллизаторе, кг/т стали.

Относительная неизменность химического состава шлакового расплава указывает на то, что процесс шлакообразования в кристаллизаторе находится в состоянии динамического равновесия, которое можно представить схемой, показанной на рис. 2.

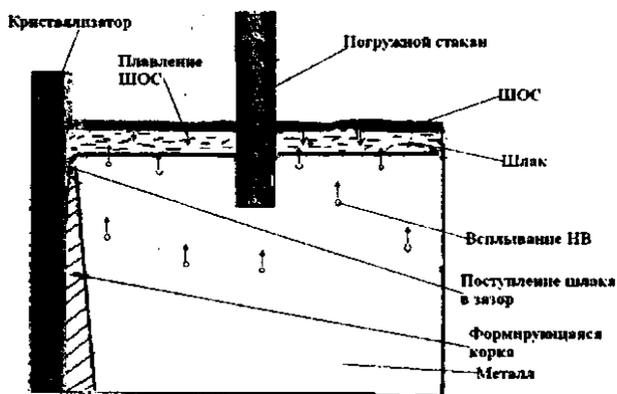


Рис. 2. Схема шлакообразования в кристаллизаторе МНЛЗ

Шлаковый расплав формируется вследствие одновременного протекания трех процессов. С одной стороны, происходит плавление смеси и пополнение расплавом ШОС шлаковой ванны. Кроме того, в шлаковую ванну непрерывно поступают всплывающие из разливаемой стали неметаллические включения. С другой стороны, масса расплавленного шлака непрерывно уменьшается вследствие непрерывного поступления его в зазор между корочкой слитка и стенками кристаллизатора. Постоянство химического состава шлака указывает на то, что каждый из этих процессов протекает с определенной скоростью, что быстро приводит к стабилизации шлаковой ванны.

Установлено, что в шлак всплывают неметаллические включения в количестве 0,0016% от массы разливаемой стали, содержащие 59,09% Al_2O_3 , 27,96% MnO и 12,94% FeO .

Проверка данной модели на адекватность проводилась сопоставлением результатов расчета содержания компонентов в шлаке с экспериментальными данными, полученными химическим анализом (рис. 3).

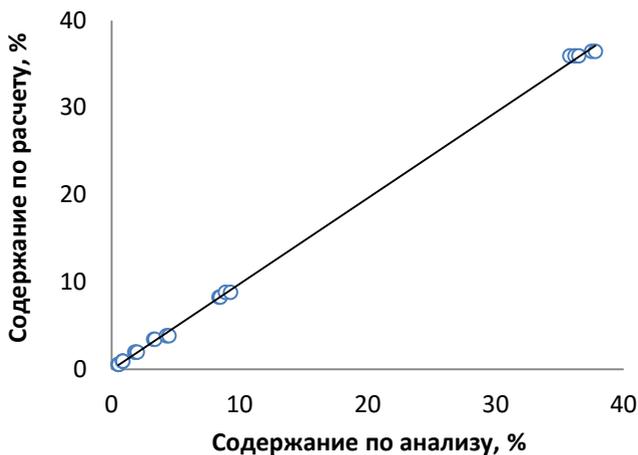


Рис. 3. Сравнение результатов расчета содержания компонентов шлака с экспериментальными данными

Линия тренда на рис. 3 практически совпадает с диагональю, соответствующей равенству результатов расчета по модели с экспериментальными данными. Следовательно, модель адекватно отражает процесс шлакообразования, а полученные с её помощью данные о поступлении из металла в шлак неметаллических включений и их химическом составе соответствуют действительности.

Для эффективного выполнения своих функций шлак в кристаллизаторе должен быть всегда жидким. Поступление в шлак во время разливки неметаллических включений, главным компонентом которых является оксид алюминия, имеющий температуру плавления 2050 °С, нередко приводит к переходу шлака в гетерогенное состояние (так называемой «комкование» шлака). Поэтому содержание оксида алюминия в шлакообразующей смеси должно быть таким, чтобы после ассимиляции неметаллических включений шлак продолжал оставаться жидким.

Основными компонентами шлакообразующих смесей являются оксиды кальция, кремния, алюминия и магния. Их суммарное содержание в шлакообразующих смесях для кристаллизаторов МНЛЗ составляет обычно 80-85%. Следовательно, температуру плавления таких шлаков можно оценить по хорошо известной диаграмме состояния четверной системы $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$. Анализ этой диаграммы показывает, что минимальную температуру плавления имеют шлаки, содержащие 12-15% Al_2O_3 . Поэтому для наведения шлака в кристаллизаторе МНЛЗ следует использовать шлакообразующие смеси, содержащие не более 5-7% оксида алюминия.

С.А. Левандовский, А.Б. Моллер, Д.И. Кинзин, С.Ю. Саранча, Г.К. Рожков

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНА 370 ОАО «ММК»: СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЛИТТИНГ-ПРОЦЕССА

Аннотация. Повышение эффективности процессов и оборудования позволяет увеличить их производительность и/или снизить себестоимость продукции. Как показали проведенные исследования, в сортопрокатном переделе имеются скрытые резервы, используя их, можно повысить конкурентоспособность на рынке металлопродукции. Для этого на ОАО «ММК» были проведены исследования и эксперименты, в ходе которых удалось повысить эффективность слиттинг-процесса на стане 370.

Ключевые слова: слиттинг-процесс, повышение эффективности сортопрокатного производства, эффективность процессов, коэффициент выхода годного, делительные неприводные ролики.

На сегодняшний день прокатку с продольным разделением раската осуществляют двумя принципиально различными способами:

- с помощью неприводных делительных роликов;
- с помощью рабочих валков.

Каждый из представленных способов имеет как свои плюсы, так и минусы. Например, прокатка с продольным разделением неприводными делительными роликами хоть и позволяет расширить производимый прокатным станом сортament, но увеличивает количество брака по причине застреваний в делительной коробке [1-3]. Используя зарубежные методики, инструменты анализа и управления производством, а также накопленный опыт в системе менеджмента качества (СМК), было выяснено, что на стане 370 ОАО «ММК» при производстве арматурной стали (арматуры) наибольшее количество брака приходится на арматуру №12 (рис. 1) [1-6].

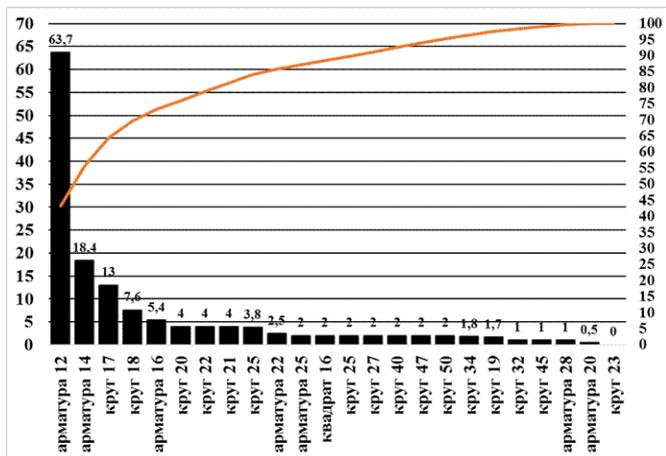


Рис. 1. Распределение объемов производства по сортаменту стана

Дальнейший анализ брака при производстве арматуры №12 показал, что наибольшая его часть приходится на застревания в делительной коробке 16-ой клетки (рис. 2), то есть решение данной задачи позволит снизить не только его количество на 42%, но и сократит при этом и время простоя прокатного стана, что положительно скажется на рентабельности и эффективности производства, которая на сегодняшний день является одной из приоритетных задач металлургических заводов [7-13].

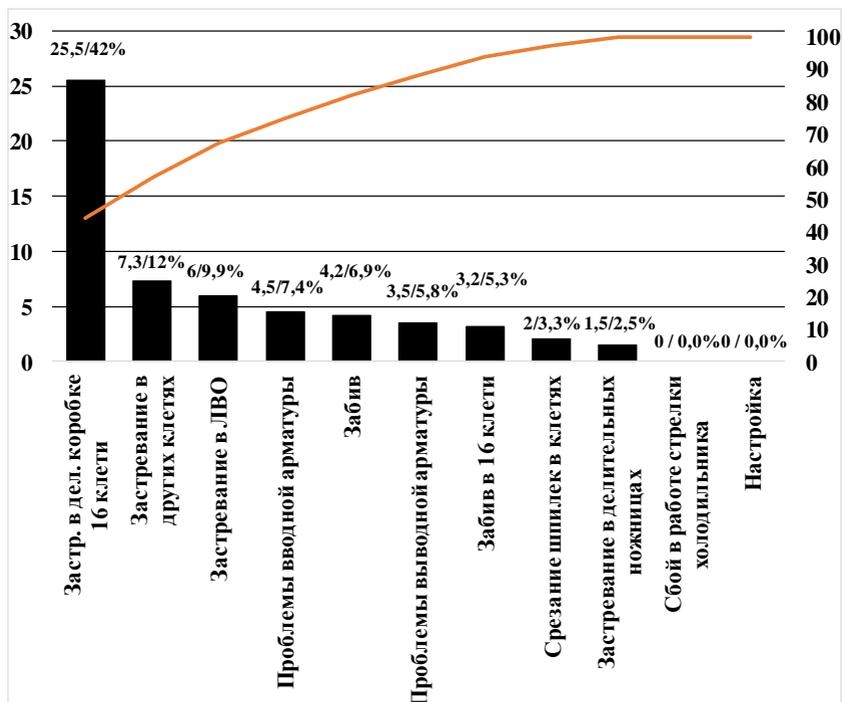


Рис. 2. Распределение видов брака при производстве арматуры №12

Анализ причин застреваний в делительной коробке показал, что необходима новая калибровка валков для повышения устойчивости полосы, которая впоследствии была разработана в ходе НИР [14-15]. Используя инструменты LEAN-производства для снижения себестоимости арматуры, были разработаны новые делительные неприводные ролики (рис. 3), изготовленные из списанных роликов профилигибочных агрегатов из стали 9ХМФ [1,3,7].



Рис. 3. Опытная делительная арматура

Опытная прокатка с предложенной калибровкой и обновленными делительными роликами продемонстрировала снижение количества брака на 36%, при этом проблема застреваний в делительной коробке была решена: при прокатке 1500 тонн проката не было зафиксировано ни одного застревания, в то время как ранее за этот же период их количество равнялось 9.

Используя спираль качества Джурана и накопленный опыт, в ходе НИР были разработаны следующие рекомендации [5,7]:

- для повышения срока службы делительной привалковой арматуры рекомендуется использовать высококачественные подшипники с уплотняющими устройствами из эластомеров, которые способны работать при повышенных температурах;

- для повышения стабильности подачи полосы в калибр рекомендуется использовать вводную роликовую арматуру с двумя рядами роликов.

Итогом проведенной НИР, в ходе которой был получен обширный опыт в исследовании качества процессов, стало повышение эффективности слиттинг-процесса на стане 370 ОАО «ММК» в процессе производства арматуры №12 при одновременном снижении количества брака, застреваний и времени простоя прокатного стана. Разработанные решения и рекомендации позволят повысить рентабельность производства и снизить себестоимость конечной металлопродукции.

Список литературы

1. Опыт исследования качества заготовки и сортового проката в системе менеджмента качества (СМК) металлургического завода Хосе Марти (Куба) / Тулупова Н.А., Гуэрра Х.А., Левандовский С.А., Кинзин Д.И., Саранча С.Ю. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №2 (50). С. 70-79.
2. Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б. Оценка и повышение эффективности технологических процессов с помощью информационных технологий на примере раскроя продукции сортопрокатного производства // Качество в обработке материалов. 2015. №1 (3). С.59-61.
3. Section-rolling production: analysis and process efficiency improvement through information technology / Sarancha S.Yu., Levandowskyi S.A., Moller A.B., Blichchenko V.I., Chuntonova L. V. // Калибровочное бюро. 2015. №6. С.66-71.
4. Голоктеев К., Матвеев И. Управление производством: инструменты, которые работают. СПб.: Питер, 2008. 251 с.
5. Федоров Ю.Н.. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУ ТП. М.: Инфра-Инженерия, 2011. 576 с.
6. Clifford F. Gray, Erik W. Larson. Project Management: The Managerial Process // McGraw-Hill Companies. ISBN 978-0073403342.
7. Саранча С.Ю., Моллер А.Б., Левандовский С.А. Поэтапное внедрение ИТ в условиях сортопрокатного производства: спираль качества Джурана как непрерывный процесс повышения эффективности выпуска продукции // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции. 2015. Т. 1. С.147-151.
8. Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б. Повышение эффективности сортопрокатного производства: вопросы действенности внедряемых информационных технологий // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Международный сборник научных трудов. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2015. №21. С. 61-70.
9. Возможности и особенности получения сорбитизированной катанки на линии Стелмор / Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б., Тулупов О.Н. // XIX международная научно-практическая конференция "Металлургия: технологии, инновации, качество" ("Металлургия - 2015"). 2015. С 61-65.
10. Повышение эффективности сортопрокатного стана с помощью современных ИТ: опыт разработки программного обеспечения для моделирования линии воздушного охлаждения / Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б., Кинзин Д.И. // XIX международная научно-практическая конференция "Металлургия: технологии, инновации, качество" ("Металлургия - 2015"). 2015. С 116-119.
11. Саранча С.Ю., Моллер А.Б. Повышение эффективности сортопрокатного производства ОАО "ММК" путем увеличения точности металлургических механизмов // Механическое оборудование металлургических заводов. 2014. №3. С. 25-29.
12. Саранча С.Ю., Моллер А.Б. Применение информационных технологий в металлургическом производстве: оптимизация технологии прокатки и раскроя готовой продукции в сортопрокатном производстве // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции. 2014. Т. 1. С.139-143.

13. Вопросы бюджетирования области информационных технологий в металлургической отрасли на примере производства сортопрокатной продукции / Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б., Кинзина И.И. // Калибровочное бюро. 2015. №5. С.24-29.
14. Моллер А.Б., Зайцев А.А., Тулупов О.Н. Модель настройки сортопрокатного стана при матричном описании формоизменения в калибрах простой формы // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1999. № 10. С. 15-18.
15. Оценка и повышение эффективности сортопрокатного производства с помощью информационных технологий на примере программного обеспечения "OptimPass" / Саранча С.Ю., Левандовский С.А., Моллер А.Б., Кинзин Д.И. // Калибровочное бюро. 2015. №6. С.61-65.

УДК 621.982.45

В.М. Салганик, Д.А. Зайцев

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ПРАВКИ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ

***Аннотация.** Представлена математическая модель холодной правки толстых листов в роликоправильной машине. Данная модель позволяет рассчитать выходные параметры, которые определяют результат процесса правки, в зависимости от заданной степени пластической деформации на каждом ролике, а также от марочного и размерного сортамента выправляемого проката.*

***Ключевые слова:** толстый лист, плоскостность, дефекты формы, холодная правка, листоправильная машина, математическое моделирование, коэффициент пластической проработки сечения.*

Плоскостность – один из важных показателей качества толстого листа. Несмотря на прогресс прокатного производства такие дефекты формы как серповидность, коробоватость, волнистость (краевая, продольная и поперечная) и дугообразность являются проблемными для толстолистового проката.

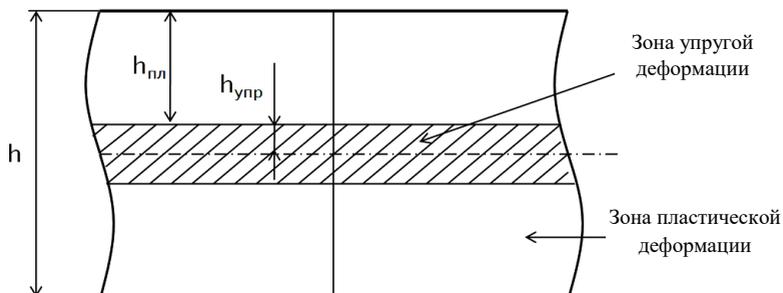
Устраняют дефекты плоскостности при помощи правки в роликоправильных машинах как в горячем так и в холодном состояниях. В данном случае будет рассмотрена холодная правка толстых листов.

Для повышения эффективности холодной правки необходимо точно настраивать параметры, определяющие результат данного процесса. С этой целью выполнено математическое моделирование холодной правки.

Состояние и степень износа рабочего инструмента, в данном случае правильных роликов, в значительной степени влияют на геометрические характеристики проката и на его поверхность [1]. За основу математической модели был взят принцип достаточности усилий правки, величины прогибов и крутящих моментов для исправления дефектов плоскостности у листа с определённой геометрией и геометрическими характеристиками, так как завышенные значения данных параметров приведут к повешенному износу правильных роликов. Для моделирования холодной правки толстых листов были использованы элементы мате-

математических моделей "ВНИИМЕТМАША им. А.И. Целикова" [2] и ПАО "Уралмашзавод" [3-8].

Главным критерием, определяющим все выходные величины процесса правки, является коэффициент пластической проработки сечения K_n (или коэффициент пластификации) [9]. Значение данного коэффициента можно задавать индивидуально для каждого ролика в зависимости от того, какая степень пластической деформации необходима. Например, на рисунке $K_n = 0,8$ (80 %).



Определяется данный коэффициент соотношением $h_{пл}/h_{упр}$ [10]. Следовательно, коэффициент упругой деформации сечения проката $K_{упр}$ определяется соотношением $h_{упр}/h_{пл}$, т.е. $K_{упр} = 1 - K_n$.

К параметрам, определяющим результат процесса правки, относятся:

- N_j – усилие на j -ом ролике;
- f_j – реальный прогиб проката на j -ом ролике;
- M_T – крутящий момент на тихоходном валу привода j -ого ролика;
- M_6 – крутящий момент на быстроходном валу привода j -ого ролика.

К исходным параметрам, определяющим усилия, реальные прогибы и крутящие моменты, относятся:

- σ_T – предел текучести выправляемого листа;
- E_1 – модуль продольной упругости (модуль Юнга);
- h – толщина листа;
- R – радиус рабочих роликов;
- b – ширина листа;
- T – шаг роликов;
- t – опорный шаг роликов;
- M_{xx} – момент холостого хода электродвигателя;
- η – КПД редуктора и шестерённой клетки;
- i – передаточное число редуктора и шестерённой клетки.

Математическая модель включает ряд промежуточных величин, которые одинаковы для любого ролика:

- a_1 – предельно-упругая кривизна проката;
- J – момент инерции поперечного сечения проката;
- f_1 – предельно упругий прогиб проката;
- M_w – максимальный упругий момент изгиба;
- $K_{тр}$ – суммарное плечо трения.

В модели имеются также величины, рассчитываемые отдельно для каждого ролика (для первого и последнего роликов эти величины не рассчитываются, кроме момента трения $M_{тр}$):

- a – кривизна изгиба проката;
- y_t – координата поперечного сечения проката, при которой напряжения достигают предела текучести при изгибе на кривизну a ;
- M – момент изгиба;
- $a_{ост}$ – остаточная кривизна;
- $M_{тр}$ – момент трения;
- M_d – момент деформирования.

Расчёт всех необходимых параметров производится по формулам (1) - (13).

$$a = \pm \frac{2\sigma_t}{K_y \cdot E_1 \cdot h}; \quad (1)$$

$$y_t = \frac{\sigma_t}{E_1 \cdot |a|}; \quad (2)$$

$$M_j = \sigma_t \cdot b \cdot \left(\frac{h^2}{4} - \frac{y_{tj}^2}{3} \right); \quad (3)$$

$$N_j = \frac{(M_{j-1} + 2 \cdot M_j + M_{j+1})}{t}; \quad (4)$$

$$I = b \cdot \frac{h^3}{12}; \quad (5)$$

$$a_{ост j} = a_j - \frac{M_j}{E_1 \cdot I}; \quad (6)$$

$$f_t = \frac{\sigma_t \cdot T^2}{6 \cdot E_1 \cdot h}; \quad (7)$$

$$f_j = \left(\frac{f_t}{a_t} \right) \cdot (a_j - a_{ост(j-1)}); \quad (8)$$

$$K_{трj} = R_j \cdot \mu_{тр}; \quad (9)$$

$$M_{трj} = N_j \cdot K_{трj}; \quad (10)$$

$$M_{dj} = 2 \cdot R \cdot M_j \cdot |a_{ост}|; \quad (11)$$

$$M_T = M_{тр} + M_d + M_{xx}; \quad (12)$$

$$M_6 = \frac{M_T}{\eta \cdot i}; \quad (13)$$

Представленная математическая модель позволяет быстро рассчитать и точно настроить энергосиловые и геометрические параметры роликоправильной машины в зависимости от степени пластической деформации, от механических и геометрических характеристик листа. Величины выходных параметров математической модели достаточны для придания листу нужной плоскостности без лишних нагрузок на роликоправильную машину.

Список литературы

1. Управление качеством горячекатаного проката по профилю и плоскостности на базе использования автоматизированной системы / Салганик В.М., Полецков П.П., Кухта Ю.Б., Егорова Л.Г. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 1. С. 59-62.
2. Слоним А.З., Сонин А.Л. Правка листового и сортового металла. М.: Металлургия, 1981. 232 с.
3. Недорезов И.В. Моделирование процессов правки проката на роликовых машинах. Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2003. 256 с.
4. Об упруго-пластическом изгибе полос вокруг цилиндрических роликов / Химич Г.Л., Цалюк М.Б., Винокурский А.Х., Власова Е.Г. // Известия вузов. Чёрная металлургия. 1970. № 8. С. 170-174.
5. Винокурский А.Х., Цалюк М.Б. Вопросы теории упругопластического изгиба полос // Свойства материалов и качество машин: сб. науч. тр. Свердловск: Уральский научный центр Академии наук СССР, 1984. С. 97-106.
6. Винокурский А.Х., Цалюк М.Б. Правка прямоугольного проката с переменными механическими свойствами и толщиной // Сталь. 1983. № 12. С. 52-53.
7. Винокурский А.Х., Недорезов И.В., Мезрина Т.А. Область выправляемого сортамента листов и полос на роликовых машинах. Ч. 1. Методика расчёта // Производство проката. 2007. № 10. С. 34-37.
8. Винокурский А.Х., Мезрина Т.А., Недорезов И.В. Область выправляемого сортамента листов и полос на роликовых машинах. Ч. 2. Примеры использования методики // Производство проката. 2007. № 11. С. 35-38.
9. Бодини Л., Айрих О. Оптимизация правки толстого листа с помощью математического моделирования // Сталь. 2008. № 11. С.73-74.
10. Бодини Л., Эрих О., Краухаузен М. Улучшение плоскостности толстых листов благодаря прогнозированию и оптимизации производства // Чёрные металлы. № 11. С. 35-38.

УДК 621:771.23-022.532:621.785

П.П. Полецков, Г.А. Бережная, М.С. Гущина, Д.Ю. Алексеев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ И ТВЕРДОСТИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ И СВЕРХВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ*

***Аннотация:** Проанализированы методы определения прочности металла по твердости, которые являются наиболее простыми и малозатратными по сравнению с испытаниями на растяжение. По результатам статистического анализа экспериментальных данных была получена зависимость условного предела текучести от твердости для высокопрочного и сверхвысокопрочного проката. Высокая точность полученной аппроксимации позволяет оценивать прочность*

* Работа проведена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 02.G25.31.0105).

проката без прямых испытаний на растяжение и избежать использования дорогостоящего лабораторного оборудования.

Ключевые слова: высокопрочные стали, испытание на растяжение, предел текучести, твердость, статистический анализ, эмпирические зависимости, лабораторное оборудование

Общемировой тенденцией развития конструкционных материалов разнообразного применения является создание специальных сталей высокой прочности и твердости. Разработки таких сталей направлены на эффективное снижение металлоемкости сооружений и конструкций и, следовательно, уменьшение их стоимости [1-3].

Традиционным методом определения прочности проката является отбор проб и их последующее испытание на растяжение по ГОСТ 1497 [4], EN ISO 6892-1 [5]. Главным преимуществом данного метода является то, что полученные в результате прямых испытаний значения прочностных характеристик наиболее близки к истинным. Недостаток заключается в том, что это, прежде всего, разрушающий метод контроля качества, кроме того, для испытаний сверхвысокопрочных материалов требуются современные разрывные машины высокой мощности, что вызывает дополнительные материальные и трудовые затраты.

Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные И. Бринеллем, Е. Мейером, Г. О'Нейлем, Д. Тейбором и другими учеными, показали возможность определения прочности металлов по твердости [7-9].

Для определения твердости проката широкое распространение получили методы шариковой пробы, основанные на вдавлении сферического индентора в исследуемый материал. Главным достоинством является то, что это неразрушающий вид контроля, кроме того, для определения твердости не требуются специальные образцы. Следовательно, данный метод является наиболее простым и малозатратным по сравнению с испытаниями на растяжение [10].

Целью данной работы является установление достоверной зависимости между твердостью и условным пределом текучести наноструктурированного высокопрочного листового проката.

Для этого в лабораторном комплексе «Термодеформ-МГТУ» и ЦКП НИИ Наносталей при ФГБОУ ВПО «МГТУ» выполнены экспериментальные исследования на образцах проката из мало- и среднеуглеродистых низколегированных высокопрочных сталей (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав исследуемых сталей

Массовая доля элементов, %, не более или в диапазоне										C _э *, % не более
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Прочие	
0,10-0,45	0,60	1,70	0,015	0,010	1,20	0,70	3,50	0,20	V, Nb, Ti, B	0,86

* Углеродный эквивалент
$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

Испытания на растяжение проводились на плоских образцах типа II по ГОСТ 1497 [4]. Измерения твердости по Бринеллю НВW осуществлялись по ГОСТ 9012 [6] с применением шарика из твердого сплава диаметром 10,0 мм.

Далее проводился статистический анализ данных, полученных по результатам прямых испытаний.

С целью определения степени взаимосвязи между твердостью и пределом текучести выполнили корреляционный анализ. Установили, что с доверительной вероятностью 99% статистически значимым является коэффициент корреляции между твердостью HBW и условным пределом текучести $r(\text{HBW}; \sigma_{0,2})=0,97$. Положительное значение коэффициента корреляции указывает на возрастание отклика с увеличением фактора, что не противоречит известным данным.

С целью установления математической зависимости между твердостью и условным пределом текучести провели парный регрессионный анализ. Математические выражения «условный предел текучести – твердость», а также критерии, характеризующие допустимость отображений исследуемой зависимости выбранными уравнениями регрессии, представлены в табл. 2.

С доверительной вероятностью 95% статистически значимыми являются все построенные модели. При этом наилучшим отображением связи между рассматриваемыми характеристиками является степенная аппроксимация:

$$\sigma_{0,2} = 9,019 \cdot \text{HBW}^{0,8048}$$

Таблица 2

Уравнения регрессии «условный предел текучести – твердость»

Вид аппроксимации	Уравнение регрессии	R ²	k	Fp	Ft	Вывод о надежности	Fp-Ft
Линейная	$\sigma_{0,2} = 2,247\text{HBW} + 218,01$	0,94	2	344,4	4,28	Надежная	340,1
Логарифмическая	$\sigma_{0,2} = 940,28\ln(\text{HBW}) - 4498,1$	0,93	2	293,4	4,28	Надежная	289,1
Полиномиальная 2 степени	$\sigma_{0,2} = 0,0014\text{HBW}^2 + 1,0709\text{HBW} + 461,8$	0,94	3	169,3	3,44	Надежная	165,9
Степенная	$\sigma_{0,2} = 9,019\text{HBW}^{0,8048}$	0,95	2	404,5	4,28	Надежная	400,2
Экспоненциальная	$\sigma_{0,2} = 513,31e^{0,00019\text{HBW}}$	0,95	2	399,8	4,28	Надежная	395,5

* R² – коэффициент детерминации; k- число коэффициентов регрессии в уравнении; Fp – рассчитанное число Фишера; Ft – табличное число Фишера

Важным условием дальнейшего использования полученного уравнения является область его возможного применения. Она определяется минимальным и максимальным значениями влияющих факторов: прочность 700 - 2000 Н/мм², твердость свыше 280 HB, удлинение не менее 8%.

Список литературы

1. Основные виды и области применения стратегического высокопрочного листового проката / М.В. Чукин, В.М. Салганик, П.П. Полецков, С.В. Денисов, А.С. Кузнецова, Г.А. Бережная, М.С. Гущина // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 4. С. 41–44.
2. Оценка конъюнктуры мирового рынка и областей применения наноструктурированного высокопрочного листового проката / В.М. Салганик, П.П. Полецков, Г.А. Бережная, М.С. Гущина, Д.Ю. Алексеев // Моделирование и разви-

- тие процессов обработки металлов давлением: международный сб. науч. тр. под ред. В.М. Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Вып. 21. С. 39-45.
3. Разработка принципиальной технологической схемы производства наноструктурированного высокопрочного листового проката / М.В. Чукин, В.М. Салганик, П.П. Полецков, М.С. Гущина, Г.А. Бережная, А.С. Кузнецова, П.А. Стеканов Д.Ю. Алексеев // Естественные и технические науки. 2014. № 9-10. С. 328-334.
 4. ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение. М.: Издательство стандартов, 1997. 35 с.
 5. BS EN ISO 6892-1:2009 Metallic materials. Tensile testing. Method of test at ambient temperature.
 6. ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. М.: Стандартинформ, 2007. 39 с.
 7. Плотников В.И. Исследование зависимостей между характеристиками прочности и твердости аустенитных сталей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МЭИ, 1973. 20 с.
 8. Дрозд М.С. Определение механических свойств металлов без разрушения. М: Изд-во Металлургия, 1965. 71 с.
 9. J.A.Brinnell. II Congres Jnt des Methodes d'essai. – Paris, 1900. 176 p.
 10. Улыбин А.В., Рогозин П.А., Кукушкина Г.А. Оценка прочности стальных конструкций и арматуры по измерению твердости стали // Мир строительства и недвижимости. 2011. №42. С. 2-4.

УДК 669.054.83:621.928.8

В.А. Бигеев, И.А. Гришин, Н.М. Амангельдиев, Н.С. Зупаров

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ И ШЛАМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

***Аннотация.** Металлургические отходы в виде шлаков и железацинксодержащих шламов и пылей можно отнести к техногенному железорудному сырью. Их утилизация позволит снизить потребление природных ресурсов. Кроме того, дополнительную прибыль от переработки этих отходов можно получить благодаря наличию в них цинка. Для этого предлагается использовать технологию переработки, при которой помимо восстановления железа происходит эффективное улавливание паров цинка.*

***Ключевые слова:** цинксодержащие материалы, шлак, шлам, пыль, магнитная сепарация, корольки, оксидный магнитный продукт, немагнитный продукт.*

Актуальность утилизации отходов черной и цветной металлургии безусловна. При этом существующие и предлагаемые способы не обеспечивают в полной мере решение существующих проблем. Особые трудности имеются при переработке шламов и пылей, уловленных в доменном и сталеплавильном производ-

ствах. Во-первых, в них имеется значительное содержание цинка (от 0,8 до 10% и более), что серьезно затрудняет утилизацию этих материалов в доменных печах. Во-вторых, шламы и пыли плохо окусковываются и при дальнейшей переработке активно разрушаются, особенно в восстановительных условиях [1-3].

В Магнитогорске на протяжении ряда лет проводят совместные исследования коллективы НТПФ «Эталон» и кафедры металлургии черных металлов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». В данном направлении предлагается совместная комплексная утилизация шлаков и шламов доменного и сталеплавильного производств. Здесь можно выделить два принципиальных момента [4,5]:

– Во-первых, используется физическое тепло доменных или конвертерных шлаков. Это позволяет в полтора-два раза уменьшить общий расход условного топлива.

– Во-вторых, основные химические реакции и тепловые процессы осуществляются в оригинальных погружных реакторах с внутренним разряжением. Таким образом обеспечивается слой вспененного шлака, эффективно ассимилирующий пылевидные частицы шламовой моношихты. Кроме того, создаются благоприятные условия для испарения восстановленного цинка, сдвигается равновесие соответствующей реакции.

Возможны два варианта реализации технологий, в первом случае используется жидкая фаза в шлаковом ковше (чаше), во втором – создается специальный подовый агрегат. Первый вариант привлекает своей простотой, но потребует обязательной полномасштабной переработки шлака с разделением продуктов процесса. Второй обеспечит разделение продуктов по ходу процессов, но потребует гораздо больших капитальных затрат [6,7].

Более подробно остановимся на первом варианте. Предварительный анализ показывает, что, в нашем случае, степень восстановления железа может колебаться примерно от 50 до 90%. Восстановление и испарение цинка превысит 95%. Образующийся металл будет иметь химический состав, соответствующий чугуна.

Проведенные расчеты для условий ОАО «ММК» показали перспективу предлагаемой технологии в сравнении, например, с процессом «Ромелт». Выявлены явные преимущества удельной энергоёмкости металлопродукции в предлагаемом процессе. Так, расход условного топлива вдвое ниже, чем в процессе «Ромелт», а также в качестве дутья применяется необогащенный кислородом воздух.

Совместными усилиями с НТПФ «Эталон» в лаборатории кафедры металлургии черных металлов ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» была создана экспериментальная установка для проверки принципиальных основ технологий.

Исследования возможности и эффективности разделения продуктов комплексной переработки металлургических шлаков и шламов проводились в лабораторных условиях кафедры обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Переработка шлакометаллического конгломерата массой 25-30 кг заключается в предварительном грохочении и отделении негабаритных кусков шлака, двухстадийном дроблении с последующей магнитной сепарацией и грохочением с получением готовых продуктов – магнитного продукта с высоким содержанием железа и немагнитного продукта.

Исследования методом сухой магнитной сепарации выполнены на лабораторном магнитном сепараторе барабанного типа ЕАЖИ.684.126.272 с верхней подачей материала.

Продукт, подлежащий сепарации подается во входное отверстие в верхней части крышки. Под воздействием магнитного поля сепаратора магнитный продукт притягивается к поверхности обечайки и перемещается вместе с ней. При выходе из зоны действия магнитного поля магнитный продукт опадает в короб магнитной фракции. Для разгрузки сильномагнитных частиц с поверхности обечайки на ней установлены поперечные выносные планки. Немагнитный продукт движется по естественной траектории падения и падает в короб немагнитной фракции.

Принципы разделения шлакометаллического конгломерата в дальнейшем могут использоваться в промышленных условиях. Методика экспериментов и опытная установка совершенствуются.

Испытания переработки доменных шлака и шлама показали, что:

1. Шлаковая пена в разряженном пространстве (остаточное давление 0,1–0,9 МПа) успешно ассимилирует пылевидные материалы.

2. Восстановленное железо быстро науглероживается (до 4,5–5,1% углерода) и застывает в шлаковой ванне в виде сферических корольков диаметром до 30 мм и общей массой 400–600 грамм.

3. Содержание серы в металле находится на удовлетворительном уровне 0,027–0,031%.

4. Оксидный магнитный продукт составляет 30–50% от массы слитка, содержит 64,3–73,5% железа и менее 0,1% цинка.

5. Содержание цинка в уловленном на опытной установке шламе составляет 35–42%.

Список литературы

1. Бигеев В.А., Черняев А.А., Пантелеев А.В. Исследование двухстадийного способа переработки пылей и шламов с помощью математических моделей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. №3. С. 48–52.
2. Переработка мелкозернистых отходов металлургического производства с получением гранулированного чугуна и извлечением цинка / Панишев Н.В., Бигеев В.А., Черняев А.А., Пантелеев А.В. // Теория и технология металлургического производства. 2014. № 2(15). С. 101–105.
3. Металлизация доменных шламов с удалением цинка / Никифоров Б.А., Бигеев В.А., Сибигагуллин С.К., Панишев Н.В., Ушеров А.И., Пантелеев А.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. №2. С. 23–25.
4. Панишев Н.В., Бигеев В.А., Черняев А.А. Переработка мелкозернистых отходов металлургического производства с получением гранулированного чугуна и извлечением цинка // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им Г.И. Носова. 2013. № 4. С. 26–29.
5. Черняев А.А. Особенности процесса переработки металлургических цинксодержащих шламов // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции "Современные направления прикладных

- исследований '2011". Одесса: Черноморье. 2011. Т. 7. Технические науки С. 88–90.
- Хайдуков В.П., Мамаев А.Н., Серяков Н.И. Комплексная схема утилизации цинксодержащих шламов конвертерного производства // Сталь. 2007. № 7. С. 120–122.
 - Щукин Ю.П., Марусевский Б.А., Рыбаков Б.П. и др. Поведение цинка в доменных печах // Сталь. 1992. № 3. С. 8–12.

УДК 669.15-194:669.15-196

К.Н. Вдовин, Е.В. Синицкий, И.Б. Хренов, Д.А. Дерябин

ПОВЕДЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ДОБАВОК В ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВАХ*

Аннотация. Рассмотрено поведение экзогенных добавок в зависимости от их геометрических характеристик и физико-химических свойств. В качестве добавок исследовались карбид вольфрама TiW, карбид титана TiC, карбид кремния SiC, оксикарбонитридтитана $TiC_xN_yO_z$. Показано, что на поведение экзогенных добавок в железоуглеродистых сплавах превалирующим влиянием обладает размерный фактор. По результатам расчетов, для обеспечения равномерности распределения экзогенных частиц необходимо ограничить их размеры до 0,01 - 0,015 мм

Ключевые слова: сплав, неметаллические включения, осаждение, экзогенные добавки, механические свойства, служебные свойства.

Повышение эксплуатационных свойств литейных сплавов возможно путем легирования и модифицирования. Перспективным способом управления условиями кристаллизации и повышения эксплуатационных характеристик сплавов, является введение в расплав экзогенных добавок. При этом данные добавки могут приводить к дисперсионному упрочнению сплавов, являться внутренними источниками для теплоты перегрева, а также выступать в качестве дополнительных центров кристаллизации. Однако для прогнозирования влияния экзогенных добавок необходимо знать их поведение в расплаве. Различают две стадии: стадия свободного осаждения частицы и стадия стесненного осаждения под действием силы тяжести или центробежных сил.

За основу модели свободного осаждения принимают уравнение, отражающее общий баланс действующих на частицу сил:

$$m \frac{d\omega}{dt} = F - F_0 - F_A, \quad (1)$$

где F – внешняя возмущающая сила; F_0 – подъемная (архимедова) сила; F_A – сила сопротивления среды.

* Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда, проект № 15-19-10020

Выражение для возмущающей силы может быть представлено в виде $F = ma$. Здесь m – масса осаждающейся частицы, a – ускорение осаждения. Для осаждения под действием силы тяжести $F = mg$. Архимедова сила принимается пропорциональной массе среды, вытесненной частицей:

$$F_A = \frac{\rho}{\rho_t} ma, \quad (2)$$

где ρ – плотность среды, ρ_t – плотность материала частицы.

Сила сопротивления со стороны среды частице поперечного сечения S согласно с законом Стокса принимаем:

$$F_0 = \xi \frac{\rho \omega^2 S}{2}, \quad (3)$$

При осаждении под действием силы тяжести уравнение свободного осаждения для сферической частицы примет вид:

$$\frac{d\omega}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_t} \right) - \frac{3}{4} \frac{\xi \rho \omega^2}{\rho_t d}, \quad (4)$$

Уравнение представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение не допускающее аналитического решения. Уравнение преобразуется к линейному дифференциальному уравнению только в случае ламинарного режима осаждения $Re \leq 1,9$ ($\xi = \frac{24}{Re}$, $Re = \frac{\rho d \omega}{\mu}$, где μ – вязкость, d – диаметр, ω – скорость).

Использование данной модели позволяет провести анализ движения частицы как в периоды разгона, так и в периоды движения с установившейся скоростью.

Стесненное осаждение усложнено дополнительными силами сопротивления при взаимодействии осаждающихся частиц. Для учета этих взаимодействий вводят дополнительные коэффициенты. При этом общую силу сопротивления F_C , действующую на осаждающуюся частицу ставят в зависимость от объемной концентрации частиц с помощью функции:

$$F_C = F_0 \lambda(\varphi), \quad (5)$$

где F_0 – сила сопротивления при свободном осаждении частицы, а $\lambda(\varphi)$ определяется выражением:

$$\lambda(\varphi) = \frac{4+3\varphi+3(8\varphi-3\varphi^2)^{\frac{1}{2}}}{(2-3\varphi)^2}, \quad (6)$$

Особенностью приведенного выражения является то, что для моделирования свободного осаждения достаточно принять $\varphi = 0$, тогда $\lambda(\varphi) = 1$.

Уравнение стесненного осаждения сферической частицы в этом случае примет вид:

$$\frac{d\omega}{dt} = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_t} \right) - \frac{3}{4} \frac{\xi \rho \omega^2}{\rho_t d} \lambda(\varphi), \quad (7)$$

Учитывая изменение объемной концентрации частиц по глубине от некоторого своего начального значения φ_0 до конечного φ_k при движении осаждающаяся частица движется вдоль оси x получим:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = g \left(1 - \frac{\rho}{\rho_t} \right) - \frac{3}{4} \frac{\xi(x)\rho}{\rho_t d} \lambda(\varphi(x)) \cdot \left(\frac{dx}{dt} \right)^2, \quad (8)$$

В математическую модель осаждения необходимо включить:

– закон изменения коэффициента сопротивления ξ относительно x

$$\xi(x) = \frac{24}{Re(x)}, \quad Re(x) \leq 1,9; \quad (9)$$

$$\xi(x) = \frac{18,5}{Re^{0,6}(x)}, \quad 1,9 < Re(x) \leq 500; \quad (10)$$

$$\xi(x) = 0,44, \quad Re(x) > 500, \quad (11)$$

где $Re(x) = \frac{\rho d}{\mu} \cdot \frac{dx}{dt}$;

– закон изменения объемной концентрации по глубине:

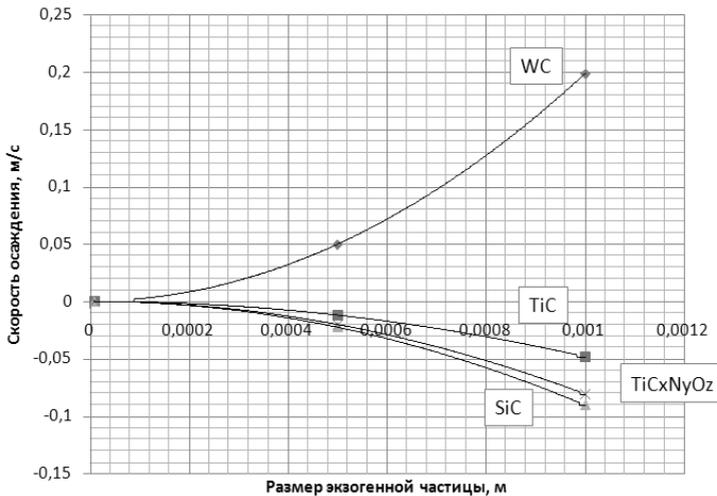
$$\varphi = \varphi(x), \quad (12)$$

– начальные условия осаждения при $t = 0$,

$$x(t) = x_0, \quad \frac{dx(t)}{dt} = \omega_0, \quad (13)$$

где x_0 – начальная координата, а ω_0 – начальная скорость осаждения.

Уточненная модель осаждения позволила оценить стесненное и свободное осаждение частицы с учетом режима осаждения; определять не только изменение во времени скорости осаждения, но и рассчитывать перемещения частицы (рисунок).



Таким образом, для обеспечения равномерности распределения частиц экзогенных добавок в сплавах на основе железа:

1. Необходимо применение технологий подачи частиц в струю расплава на протяжении всего этапа заливки, помещение частиц в внутриформенную камеру нежелательно.

2. Размер экзогенных частиц обладает преобладающим влиянием над их плотностью.

3. Для обеспечения минимальных скоростей всплытия (осаждения) размер экзогенных частиц для железоуглеродистых сплавов лимитирован $< 0,01-0,015$ мм.

Список литературы

1. Абразивная износостойкость литых металлов и сплавов / Колокольцев В.М., Мулявко Н.М., Вдовин К.Н., Сеницкий Е.В.; под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 228 с.
2. Колокольцев В.М., Долгополова Л.Б., Мулявко Н.М. Взаимосвязь химического состава, структуры и свойств хромомарганцовых аустенитных сталей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2004. № 2. С. 12-15.
3. Колокольцев В.М., Гольцов А.С., Сеницкий Е.В. Влияние первичной литой структуры жароизносостойких железоуглеродистых сплавов на их коррозионную стойкость // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. №2 (34). С. 18–23.
4. Влияние химического состава и условий охлаждения на микроструктуру и свойства белых легированных чугунов / Колокольцев В.М., Вдовин К.Н., Сеницкий Е.В., Волков С.Ю. //Металлург. 2014. №4. С. 71-74.
5. Выбор химического состава чугуна для производства грунтовых насосов / Вдовин К.Н., Сеницкий Е.В., Волков С.Ю., Коток А.П., Молочков П.А. // Литейщик России. 2015. № 1. С. 38-42.
6. Выплавка высокомарганцевой стали в дуговой сталеплавильной печи. Технология. Сообщение 1 / Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А., Сеницкий Е.В., Горленко Д.А., Дурова Н.А. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 10. С. 735 – 739.
7. Выплавка высокомарганцевой стали в дуговой сталеплавильной печи. Внепечная обработка. Сообщение 2 / Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А., Сеницкий Е.В., Горленко Д.А., Дурова Н.А. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2016. Т. 59. № 1. С. 23 – 28.
8. Vdovin K.N., Gorlenko D.A., Zavalishchin A.N. Influence of industrial tempering on the composition of complex cast iron. Steel in Translation. 2013. Т. 43. № 5. С. 288–290.
9. Вдовин К.Н., Горленко Д.А., Завалищин А.Н. Влияние режима отпуска на соотношение структурных составляющих в белом комплексно-легированном чугуне // Технология металлов. 2013. № 8. С. 13–16.
10. Вдовин К.Н., Феоктистов Н.А., Хабибуллин Ш.М. Технологический процесс производства брони из стали марки 110Г13Л в условиях ООО «Ремонтно-механический завод» // Теория и технология металлургического производства. 2014. № 1 (14). С. 51 – 52.
11. Вдовин К.Н., Савинов А.С., Феоктистов Н.А. Технологические особенности производства крупного стального литья: монография. М.: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета, 2015. 195 с.

А.В. Ефимов, В.П. Чернов

ТЕРМОВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ МАРКИ 150XHM

Анотация. Термическая обработка стальных изделий является неотъемлемой составляющей производственных процессов современных металлургических предприятий. Сталь с литой структурой без термической обработки часто не может удовлетворять нужным требованиям. Рассмотрена возможность упрочнения отливок из стали марки 150XHM используя метод термовременной обработки в твердом состоянии. Изучено влияние термовременной обработки на структуру и свойства отливок.

Ключевые слова: фазовые состояния, термовременная обработка, термограмма, зерно, структура, время нагрева.

Заэвтектоидная сталь марки 150XHM используется для изготовления бандажей, литых и кованных валков горячей прокатки. Недостатком использования стали 150XHM для изготовления валков является ее сложный и длительный режим термической обработки, состоящий из предварительного тройного отжига и окончательной термической обработки по режиму двойной нормализации с высоким отпуском, невысокая твердость металла в связи с низкой скоростью охлаждения после аустенизации. Целью данного исследования является создание режима термовременной обработки отливок из заэвтектоидной стали типа 150XHM, позволяющего повысить механические свойства металла путем получения более мелкодисперсной структуры. [1, 2, 3]

Для определения параметров термовременной обработки производился анализ фазовых состояний стали при различных температурах. На рис. 1 представлена термограмма, которая имеет области, показывающие определенные фазовые переходы. Исследования проводились на приборе синхронного термического анализа STA (Jupiter 449 F3) фирмы «NETZSCH».

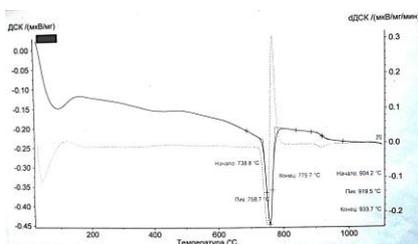


Рис. 1. Термограмма стали 150XHM

В диапазоне температур от 738⁰ С до 775⁰ С имеется область, которая характеризуется периодом зарождения новой фазы. При этом происходит растворение уже имеющихся карбидов и зарождение центров кристаллизации новой фазы (аустенита). Минимальный пик при 759⁰ С характеризует максимальную скорость

образования центров кристаллизации. В табл. 1 представлен химический состав исследуемой стали.

Таблица 1

Химический состав полученной стали

Элемент	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V	W	Al	Mo	Nb
Содер.%	0,45	0,29	0,65	0,02	0,02	1,0	1,05	0,13	0,02	0,01	0,03	0,18	0,003

Далее на рис. 2 представлена структура стали 150XHM в литом состоянии при увеличении.

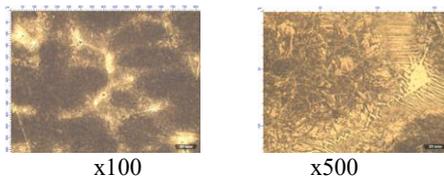


Рис. 2. Структура литой стали 150XHM

Микроструктура стали типа 150XHM в исходном (литом) состоянии представляет смесь тонкодисперсного перлита и цементита, располагающегося по границам зерен в виде сетки с участками грубого игольчатого строения. Средняя твердость стали составляет 300–340 НВ. [4, 5, 6]

Термовременная выдержка производилась в печи сопротивления «Накал» модели ПЛ 20/12,5 мощностью 3 кВт и максимальной температурой 1350⁰ С.

В предварительно нагретую печь до температуры 760⁰ С помещали два образца стали. При заданной температуре образцы выдерживались в печи в течение 19 минут. Данное время выдержки рассчитывается в зависимости от толщины стенки отливки. После термовременной обработки первый образец охлаждался в воде, второй образец спокойно охлаждался на воздухе до комнатной температуры. Данный цикл термовременной обработки производился при равных условиях двукратно.

Первый испытуемый образец стали имеет твердость в литом состоянии 38 HRC, второй образец 35 HRC. Пройдя второй цикл термовременной обработки, твердость первого составила 64 HRC, твердость второго 30 HRC. Значительно повысилась твердость первого образца охлажденного в воде, в то время твердость второго образца охлаждаемого на воздухе понизилась. Произошла перекристаллизация структуры первого образца стали. Выявилась новая мелкодисперсная фаза пластинчатого перлита (рис. 3, 4).

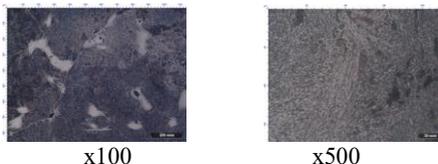


Рис. 3. Структура первого образца после второго цикла

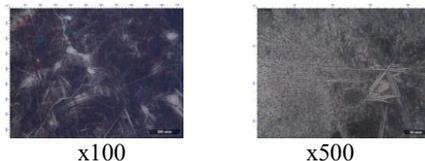


Рис. 4. Структура второго образца после второго цикла

Для сравнения механических характеристик был взят образец той же марки стали, прошедший стандартную закалку при 1150°C с охлаждением в воде. Данный образец имеет твердость 64 HRC. Структура данного образца представлена ниже на рис. 5.

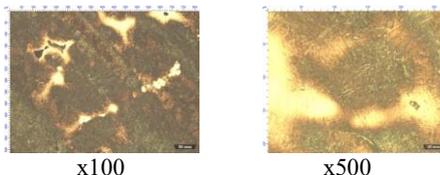


Рис. 5. Структура образца прошедшего закалку при 1150°C

В табл. 2 приведены данные механических свойств, твердости и абразивной износостойкости. Испытания по износостойкости проводились в соответствии с ГОСТ 23.2080-079.

Таблица 2

Механические свойства

Образец	Твердость, HRC	Ки
Литой	38 - 39	0,44
(ТВО) охл. на воздухе	39 - 41	0,36
(ТВО) охл. в воде	63 - 64	0,69
Закалочный	61 - 64	0,70

Исходя из полученных результатов испытаний, можно сделать вывод о том, что образец стали 150XHM прошедший термовременную обработку имеет аналогичные механические свойства твердости и износостойкости как у образца стали, который прошел стандартную закалку. Закалочный образец имеет грубую игольчатую разнородную структуру. В отличие от него образец прошедший термовременную обработку имеет совсем иную зернистую равномерную структуру. Данная структура состоит из равномерно упорядоченных зерен округлой формы по их краям. Теоретически такая структура предполагает более высокие, механические свойства стали, способность стали сопротивляться различным переменным нагрузкам. Термовременная обработка стали позволяет значительно упростить и сократить режим термической обработки стали марки 150XHM.

Список литературы

1. Влияние режимов термовременной выдержки на структуру и свойства стальных отливок / Емельянов А.А, Чернов В.П, Ефимов А.В, Данилюк К.А // Литейные процессы. Вып. №10 / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2010. Т.1. С. 12-16.
2. Пат. 2540241. РФ. Сталь для изготовления кованных прокатных валков [Текст] / Орлов А.Г., Шестакова Е.Н., Орлов Г.А., Потапов А.И.
3. Образование горячих трещин в низколегированной стали: исследование критических режимов / Брунелли К., Бруски С., Джотти А., Ленчина Р., Дабала М. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. №1. С. 79-87.
4. Литые прокатные валки / Будагьянц Н.А., Карский В.Е. М.: Металлургия, 1983. 245 с.
5. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна: справочник Н.Т.Гудцов, М.Л. Бернштейн, А.Г. Рахштадт. М.: Гос. научно-техническое изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1956. С. 1204.
6. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1978. С. 648.

УДК 621.746.047:669.054.2

В.В. Точилкин

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И СОЗДАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМКОВШЕЙ ЧЕТЫРЕХРУЧЬЕВОЙ МНЛЗ

Аннотация. Рассмотрена компоновка элементов приёмной камеры промежуточного ковша (ПК) сортовой четырёхручьево́й машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), оснащённой металлоприёмником (М), установленным в приёмной камере ПК. Представлены схемы движения потоков стали в приёмной камере ковша в момент начала заливки металла и далее в установившемся режиме. Совершенствование оборудования обеспечивает эффективное формирование потоков стали и создаёт условия для повышения его качества.

Ключевые слова: машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), промежуточный ковш (ПК), потоки металла, моделирование.

Промежуточный ковш – агрегат, расположенный между сталеразливочным ковшом (СРК) и кристаллизаторами МНЛЗ [1, 2]. ПК обеспечивает дозирование и рафинирование стали [1]. Модернизация элементов ПК оказывает большое влияние на повышение качества разливаемой стали на МНЛЗ. В металле, поступающем в ПК, содержатся неметаллические включения (НВ), которые с течением времени всплывают [3, 4]. Для удаления НВ размером >80 мкм, применяют металлоприёмники (М), перегородки [6] и пороги [7]. В приёмных камерах ПК четырёхручьево́вых МНЛЗ [7, 8] ставятся М без разгрузочных отверстий и пороги на границе камеры. При проведении моделирования установили, что в приёмной камере ПК в этом случае, а также в разливочных камерах наблюдаются скорост-

ные восходящие потоки. Скорость больше допустимой (до 0,16 м/с) [2, 9]. Это приводит к затягиванию НВ в металл и оголению его зеркала. В приемной камере ПК для организации рациональных потоков движения стали необходимо применить донный М [7] с разгрузочными отверстиями (рис. 1). Работает ПК, оснащенный М, следующим образом. В начальный момент разливки «холодная» сталь из СРК поступает в полость камеры М 1 (см. рис. 1). Движению стали из отверстий 6 М в этот момент препятствуют легкоплавкие вставки 7. По мере заполнения ПК вставки 7 расплавляются, освобождая отверстия 6 и М 1 начинает работать в режиме, обеспечивающем ориентированную подачу стали. В этом режиме работы поток стали поступает в приемную часть 4 камеры М 1 и далее на её делительную часть 5. Попадая в М, поток огибает внутреннюю полость и делится на две части. Первая – попадает в отверстия 6, ориентированные в сторону разливочных камер, потоки стали перемещаются сплошными струями, образуя "плоскость", которая служит преградой для попадания НВ в зону, над разливочным стаканом. Вторая – в сторону потока из СРК.

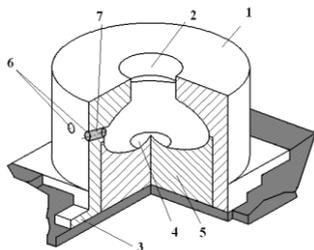


Рис. 1. Металлоприёмник:

- 1 – М; 2 – отверстие; 3 – опорный элемент;
 4 – приёмная часть приёмника; 5 – делительная часть;
 6 – переливные разгрузочные отверстия; 7 – легкоплавкие вставки

Математическая модель описывает движения потоков стали в ПК. При её составлении использованы уравнения: Навье–Стокса, неразрывности потока. Геометрия модели ПК – в зависимости от конструкции оборудования ПК. Соответствующие уравнения [2, 3, 9] имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \vec{V}, \\ \nabla \vec{V} = 0. \end{cases}$$

где \vec{V} – вектор скорости жидкости; \vec{F} – объёмные силы; p – давление; ∇p – градиент давления; ν – коэффициент кинематической вязкости; ρ – плотность.

На рис. 2 представлена схема распределения потоков в приемной камере ПК с М [8, 10], имеющим отверстия для создания наклонных струй. Видно как струя, падающая в М, благодаря его форме, теряет свою скорость [7]. Создана новая компоновка (рис. 3) приёмной камеры ПК МНЛЗ на базе М с отверстиями [2].

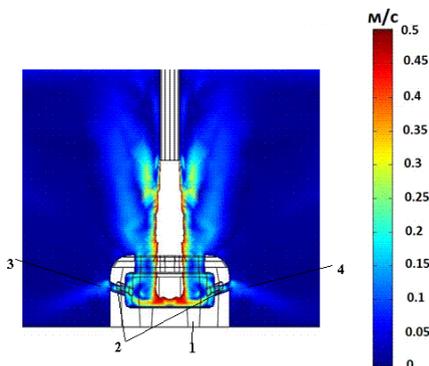


Рис. 2. Приемная камера ПК, оснащенная М с отверстиями:
1 – М; 2 – отверстия М; 3, 4 – потоки металла из отверстий

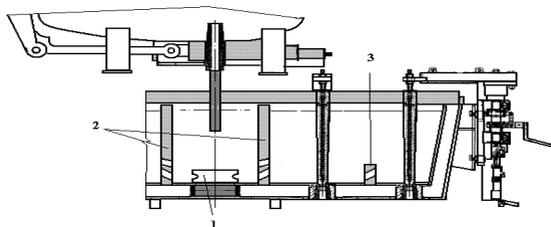


Рис. 3. Модернизированный ПК:
1 – М; 2 – перегородки; 3 – пороги

Закключение. При разработке процессов непрерывной разливки [1, 11] необходимо обеспечивать рациональное движение потоков стали в ПК со скоростями ниже допустимых (0,16 м/с). Это обеспечит стабильность процесса и повышение качества. Применение новых конструкций [12 -14] приемной камеры ПК МНЛЗ - М и элементов разливочных камер ПК с отверстиями позволяет уменьшить скорость потоков стали в ПК, что обеспечит повышение качества.

Список литературы

1. Рафинирование металла в промежуточном ковше / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов, А.Н. Русаков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 43–46.
2. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.
3. Непрерывная разливка стали: монография / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. 540 с.

4. Разработка систем подачи аргона для промежуточного ковша сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, С.Н. Ушаков, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Технология металлов. 2013. № 6. С. 38-40.
5. Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Metallurg. 2014. № 4. С. 80-82.
6. Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ / М.В. Семенов, В.В. Точилкин // Вестник машиностроения. 2007. № 6. С. 41-43.
7. Влияние геометрии металлоприёмника приёмной камеры промежуточного ковша на работу МНЛЗ / К.Н. Вдовин, Е.А. Мельничук, В.В. Точилкин, В.В. Точилкин // Новые огнеупоры. 2016. № 3. С. 78-79.
8. Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок: монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 348 с.
9. Разработка элементов приемной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / К.Н. Вдовин, Е.А. Мельничук, А.В. Нефедов, В.В. Точилкин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2014. № 3. С. 23-27.
10. Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С.Н. Ушаков, А.А. Хоменко, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин // Сталь. 2009. № 3. С. 13-17.
11. Применение пластичных огнеупоров усовершенствованной конструкции для защиты струи металла при разливке на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, О.А. Марочкин // Новые огнеупоры. 2014. № 1. С. 3-5.
12. Модернизация промежуточного ковша МНЛЗ для обеспечения повышения качества разливаемой стали // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. № 2. С. 5-7.
13. Improvement of Steel Pouring in Section CBCM / K.N. Vdovin, O.A. Marochkin, V.V. Tochilkin // Metallurgist. Vol. 58, № 3/4. P. 306-309.
14. Создание имитатора рабочей среды для повышения износостойкости огнеупоров при разливке стали на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Новые огнеупоры. 2013. № 11. С. 10-13.

УДК 621.746.047:669.054.2

Ю.С. Ляшева, И.С. Хотенов

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОВШ – КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ И СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИМИТАТОРА РАБОЧЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ ОАО «ММК»

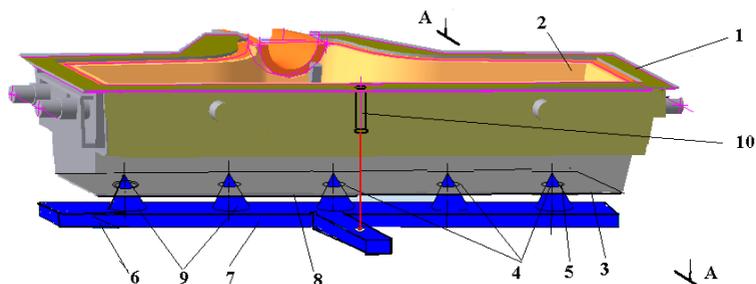
***Аннотация.** Рассмотрены процессы управления потоками металла в системе промежуточный ковш – кристаллизатор сортовых машин непрерывного литья заготовок. Разработаны конструкции элементов ПК и К сортовой МНЛЗ, которые обеспечивают рациональное прохождение разливаемого металла в системе ПК-К. Совершенствование оборудования обеспечивает эффективное формирование потоков стали и создает условия для повышения качества.*

***Ключевые слова:** машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), промежуточный ковш (ПК), огнеупоры, кристаллизатор (К)*

Развитие конструкций и модернизация отдельных элементов сортовых МНЛЗ – важная задача современной металлургии, решение которой обеспечивает повышение производительности и качества непрерывно-литой заготовки [1, 2]. Система ПК – К и её устройства [3, 4], формирующие потоки течения металла в ковше [5, 6] и далее в кристаллизаторе – важнейшие технологические узлы МНЛЗ [8, 9]. Разработано оборудование разливного отверстия [6, 10, 11] ПК. Другим важнейшим элементом системы ПК – К МНЛЗ – стакан, обеспечивающий поступление металла в кристаллизатор [2]. Проведено моделирование поведения потоков металла, движущихся из ПК в К по внутренней полости погружного стакана [2].

Математическая модель описывает движения потоков стали в системе ПК – К [2, 13, 14]. При её составлении использованы следующие уравнения: Навье-Стокса, неразрывности потока. Геометрия модели ПК – в зависимости от конструкции оборудования ПК.

В процессе разливки стали интенсивно размываются отверстия разливных огнеупорных изделий ПК сортовой МНЛЗ, что приводит к интенсивному размыву и преждевременному разрушению огнеупорной поверхности стаканов, попаданию частиц разрушенной футеровки в разливаемый металл и нестабильной разливке в кристаллизаторах, в результате чего происходит внеплановая замена погружных стаканов, либо внеплановая остановка разливки стали. Поэтому для уменьшения эрозии необходимо не только улучшать физико-химические показатели огнеупорных материалов, но и рассматривать вопрос об увеличении стойкости, применяя специальные устройства для усовершенствования технологических операций и геометрические решения [15, 16]. Разработан модернизированный имитатор рабочей среды ПК сортовой МНЛЗ (см. рисунок). ПК для непрерывной разливки металла содержит корпус 1 с огнеупорной футеровкой 2, установленные в днище 3 корпуса 1 стаканы 4 с внутренней полостью 5. На корпусе 1 ПК МНЛЗ установлен имитатор среды 6, выполненный в виде опорного элемента 7 закрепленного на наружной поверхности 8 корпуса 1 ковша. Имитатор 6 содержащий вставки 9, установленные в полости 5 стаканов 4 и датчик положения 10 опорного элемента 7. При этом внутренняя полость 5 стакана 4 имеет ось 11, а вставка 9 имеет симметричную форму и содержит центральную ось 12. Вставка 9 состоит из основания, выполненного в виде конуса, направляющей с гайкой и уравнивающей втулки [16, 17, 18].



Установка на ПК имитатора рабочей среды

Выводы:

1. Проведено моделирование процесса движения стали в погружном стакане. Определены основные параметры, необходимые для положения стакана в К.
2. Модернизированная конструкция имитатора рабочей среды на МНЛЗ обеспечивает рациональные параметры прохождения струй стали в К сортовых МНЛЗ, что позволяет повысить качество разливаемого металла. Всё это позволяет обеспечить стабильность процесса разливки и повышение качества металла.
3. Модернизованна конструкция имитатора струи металла для сортовых МНЛЗ-1,2 ЭСПЦ ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Список литературы

1. Рафинирование металла в промежуточном ковше / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов, А.Н. Русаков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 43–46.
2. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: монография / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. 118 с.
3. Разработка систем подачи аргона для промежуточного ковша сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, С.Н. Ушаков, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Технология металлов. 2013. № 6. С. 38-40.
4. Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Металлург. 2014. № 4. С. 80-82.
5. Применение пластичных огнеупоров усовершенствованной конструкции для защиты струи металла при разливке на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, О.А.Марочкин // Новые огнеупоры. 2014. № 1. С. 3-5.
6. Разработка огнеупорных конструкций для промежуточного ковша сортовой МНЛЗ / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков // Новые огнеупоры. 2015. № 11. С. 3–7.
7. Разработка компоновки и элементов приемной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / К.Н. Вдовин, Е.А. Мельничук, В.В.Точилкин // Технология металлов. 2011. № 11. С. 39-41.
8. Модернизация промежуточного ковша МНЛЗ для обеспечения повышения качества разливаемой стали // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. № 2. С. 5-7.
9. Методика расчета работоспособности элементов промежуточного ковша МНЛЗ / М.В. Семенов, В.В. Точилкин // Вестник машиностроения. 2007. № 6. С. 41-43.
10. Разработка элементов приемной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / К.Н. Вдовин, Е.А. Мельничук, А.В. Нефедов, В.В.Точилкин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2014. № 3. С. 23-27.
11. Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С.Н. Ушаков, А.А. Хоменко, К.Н. Вдовин, В.В.Точилкин // Сталь. 2009. № 3. С. 13-17.
12. Точилкин В.В. Методика расчета металлоприёмника промежуточного ковша МНЛЗ // Ремонт, восстановление и модернизация. 2008. № 6. С. 44–47.
13. Непрерывная разливка стали. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок: монография / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. 348 с.

14. Непрерывная разливка стали: монография / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. 540 с.
15. Создание имитатора рабочей среды для повышения износостойкости огнеупоров при разливке стали на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Новые огнеупоры. 2013. № 11. С. 10-13.
16. Патент на полезную модель RUS 122318. Промежуточный ковш для непрерывной разливки металла / С.Н. Ушаков, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, С.В. Прохоров, О.А. Марочкин, А.А. Хоменко. Заявлено 14.05.2012.
17. Creating a stream simulator to improve the wear resistance of refractories during the casting of steel on continuous section casters / K.N. Vdovin, O.A. Marochkin, V.V. Tochilkin // Refractories and industrial ceramics. 2014. Vol. 54, № 6. P. 435-437.
18. Improvement of Steel Pouring in Section CBCM / K.N. Vdovin, O.A. Marochkin, V.V. Tochilkin // Metallurgist. Vol. 58, № 3/4. P. 306-309.

УДК 67.05

А.В. Анцунов, М.Г. Слободянский, А.В. Анцунов, В.П. Анцунов

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО УРОВНЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Аннотация. В данной статье изложена методика назначения режимов финишной обработки опорных валков листовых станов с целью обеспечения требуемого уровня их ресурса для заранее известного графика прокатки. Представлены результаты компьютерного эксперимента по расчетной оценке параметров микрогеометрии поверхностного слоя опорных валков, обеспечивающих их максимально возможный ресурс для заданного сортамента полос и определение необходимых режимов шлифования.

Ключевые слова: опорные валки, режимы резания, шлифование, шероховатость, критерий, долговечность, параметрический отказ.

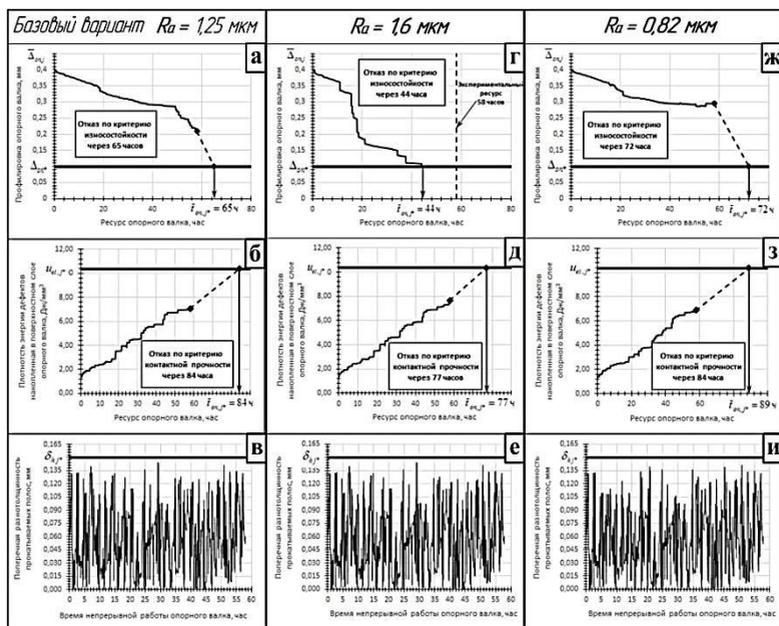
Практика эксплуатации опорных валков широкополосных листовых станов показывает, что их отказ происходит по одной из возможных причин: выкрашивание поверхностного слоя, искажение текущего профиля валка от износа, и как следствие, нарушение точности прокатываемых полос по параметру поперечная разнотолщинность.

Существенное влияние на обеспечение требуемого уровня долговечности опорных валков оказывает микропрофиль их поверхностного слоя, образованный на этапе финишной обработки. В настоящее время финишной операцией подготовки опорных валков к эксплуатации является шлифование их рабочей поверхности, режимы которого назначаются из опыта работы и определяют микрохарактеристики поверхностного слоя.

Используя модель параметрических отказов опорных валков, позволяющую оценить их ресурс по критериям искажения образующей профиля [1, 2], контактной прочности поверхностного слоя и сохранения поперечной разнотолщинности прокатываемых полос, базирующуюся на положениях кинетической теории по-

вреждаемости и разрушения твердых тел [3–5] и энерго-механической концепции изнашивания трибосопряжений [6–9], определены значения параметров шероховатости обеспечивающие требуемый уровень долговечности вала. Основным параметром микрогеометрии, оказывающим наибольшее влияние на ресурс вала, является среднеарифметическое отклонение профиля R_a .

Для выявления влияния R_a на ресурс опорного вала проведен компьютерный эксперимент по изнашиванию вала из стали 75ХМФ с исходным значением $R_a = 1,25 \text{ мкм}$, результаты которого приняты в качестве базового варианта для сравнения с ним ресурсов валков с другими значениями R_a (см. рисунок а-в).



Результаты компьютерного эксперимента по оценке ресурса опорного вала с различной исходной шероховатостью по критериям износостойкости (а, г, ж), контактной прочности (б, д, з) и качества прокатываемых полос (в, е, и)

С целью определения оптимального значения R_a , обеспечивающего максимальное значение ресурса опорного вала, в данной работе использован метод Монте-Карло. Теоретические исследования показали, что оптимальным значением является $R_a = 0,82 \text{ мкм}$. Результаты компьютерного эксперимента для различных исходных значений R_a представлены на рисунке.

Анализ данных показывает, что во всех трех рассматриваемых случаях опорный валок выйдет из строя по критерию искажения его текущего профиля. При

этом, ресурс валка с $R_a = 1,25 \text{ мкм}$ (базовый вариант, рисунок а) составит 65 часов; с $R_a = 1,6 \text{ мкм}$ (рисунок г) и $R_a = 0,82 \text{ мкм}$ (рисунок ж) составит 44 и 72 часа, соответственно. В условиях прокатки заданного сортамента наибольший ресурс будет иметь валки с исходным значением $R_a = 0,82 \text{ мкм}$.

Для обеспечения такого уровня исходной шероховатости поверхности и проектного расчета требуемых параметров финишной обработки валка использована аналитическая зависимость В.И. Островского [10]. Возможные расчетные режимы шлифования, обеспечивающие требуемый уровень R_a и максимально возможный ресурс равный 72 часа, представлены в таблице.

Рекомендуемые режимы шлифования опорного валка для обеспечения требуемого уровня его долговечности при прокатке заданного сортамента

R_a , мкм	Частота вращения круга, об/мин	Частота вращения валка, об/мин	Продольная подача, мм/об	Глубина шлифования, мм	Зернистость круга, мкм
0,82	50	25	8	0,08	460
	50	27	8	0,04	800
	50	38	8	0,04	600
	50	49	8	0,04	460
	50	20	5,5	0,08	800
	50	20	7,6	0,08	600
	150	60	4	0,08	460
	175	60	4	0,08	600
	155	60	4	0,08	800

Таким образом, описанная выше методика позволяет на стадии проектно-конструкторской разработки проектировать технологические режимы режущей обработки опорных валков, обеспечивающие максимально возможный срок его службы.

Список литературы

1. Модель параметрических отказов валковых систем кварто по различным категориям / Анцупов А.В. (мл), Анцупов А.В., Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Овсов А.М. // Производство проката. 2015. №2. С. 35-42
2. Анцупов А.В. (мл.), Слободянский М.Г. Прогнозирование долговечности опорных валков и оценка эффективности способов продления их ресурса // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2011. №3. С. 74-79.
3. Основы физической теории надежности деталей машин по критериям кинетической прочности материалов / В.П. Анцупов, Л.Т. Дворников, Д.Г. Громаковский, А.В. Анцупов (мл), А.В. Анцупов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2014. №1. С. 141-146.

4. Оценка долговечности нагруженных деталей по кинетическому критерию прочности / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П., Слободянский М.Г. и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. Т.1. С. 137-141.
5. Методология аналитической оценки надежности технических объектов / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П., Слободянский М.Г. и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. Т.1. С. 141-144.
6. Развитие теории прогнозирования надежности деталей машин / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл), Анцупов В.П. // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2014. №2. С. 26-32
7. Структурно-энергетический подход к оценке фрикционной надежности материалов и деталей машин / Анцупов В.П., Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл), Слободянский М.Г. и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2008. №1. С. 258-262
8. Научные и методологические основы прогнозирования надежности трибосопряжений на стадии их проектирования / А.В. Анцупов, М.В. Чукин, А.В. Анцупов (мл.), В.П. Анцупов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, №4. С. 56-61.
9. Модель процесса изнашивания трибосопряжений на основе термодинамического анализа их состояния / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), М.Г. Слободянский и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 68-й межрегиональной научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Т.1. С.264-268.
10. Анцупов А.В. Обеспечение надежности узлов трения машин на стадии проектирования: монография / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), В.П. Анцупов // Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. 293 с.
11. Методология вероятностного прогнозирования безотказности и ресурса трибосопряжений / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), А.С. Губин, В.А. Русанов, В.П. Анцупов // Известия Самарского научного центра РАН. 2011, т. 13, № 4(3) (Приложение). С. 19-22.
12. Структурно-энергетическая интерпретация взаимосвязи процессов трения и изнашивания / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл), Анцупов В.П., Слободянский М.Г. и др. // Процессы и оборудование металлургического производства. Межрегион. сб. научных трудов. Магнитогорск, 2009. С. 233-239
13. Прогнозирование показателей надежности трибосопряжений / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл), Губин А.С., Слободянский М.Г. и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2010. Т.1. №1. С. 259-262
14. Модель процесса изнашивания трибосопряжений на основе термодинамического анализа их состояния / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл), Слободянский М.Г., Русанов В.А. и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2010. Т.1. №1. С. 262-264
15. Островский В.И. Теоретические основы процесса шлифования. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. 144 с.

М.А. Айменов, А.М. Столяров, В.В. Мошкунов

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ ОСОБОНИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ НА КАЧЕСТВО СЛЯБОВ

Аннотация. Рассмотрено влияние температуры разливаемого металла на скорость вытягивания сляба из кристаллизатора МНЛЗ. Изучено влияние скорости разливки на качество макроструктуры литого особонизкоуглеродистого металла.

Ключевые слова: особонизкоуглеродистая сталь, непрерывная разливка, МНЛЗ, скоростной режим, слябы, качество.

Известно [1-10], что скоростной режим непрерывной разливки любой стали оказывает решающее влияние как на производительность МНЛЗ, так и на качество отливаемой заготовки. Особенностью производства особонизкоуглеродистой стали является нестабильный и довольно продолжительный период ковшевой обработки металла, что оказывает непосредственное влияние на технологический процесс разливки. В данной работе предпринята попытка анализа состояния скоростного режима разливки особонизкоуглеродистой стали и его влияния на качество отливаемых слябов.

С этой целью в работе проанализирован массив производственных данных из 52 плавков особонизкоуглеродистой стали, выплавленной в кислородно-конвертерном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Средний химический состав металла (%) был следующим:

C Si Mn S P Cr Ni Cu Al Ti Nb V N
0,004 0,009 0,160 0,008 0,011 0,027 0,016 0,022 0,044 0,039 0,039 0,003 0,005.

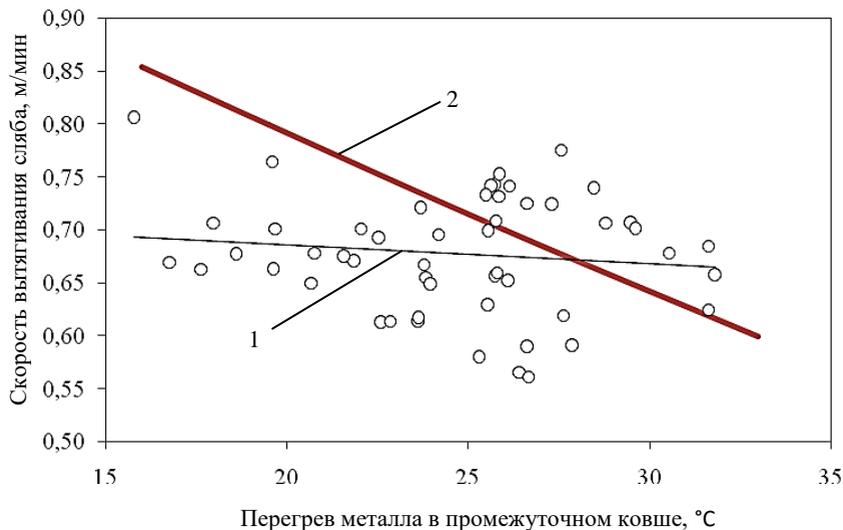
Весь металл разливался на МНЛЗ № 1-4 криволинейного типа. При этом большая (63,5 %) часть металла была разлита на комбинированной двух-четырёхручьевой МНЛЗ №4 с кристаллизатором высотой 1200 мм. Все отлитые слябы имели толщину 250 мм и различную ширину. В 76,9 % случаев ширина заготовок составляла 1500, 1560, 1650 и 1750 мм, а в остальных случаях она была меньше: 1080, 1200, 1250, 1300 и 1450 мм. Данные о температурно-скоростном режиме разливки металла представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры непрерывной разливки металла

Параметр	Диапазон изменения
	Среднее значение
Температура металла в промежуточном ковше МНЛЗ, °С	$\frac{1551 - 1564}{1559}$
Температура ликвидус металла, °С	$\frac{1532 - 1535}{1534}$
Перегрев металла над температурой ликвидус в промежуточном ковше МНЛЗ, °С	$\frac{16 - 32}{25}$
Скорость вытягивания сляба из кристаллизатора МНЛЗ, м/мин	$\frac{0,56 - 0,81}{0,68}$

Из табл. 1 видно, что скорость вытягивания сляба из кристаллизатора изменялась довольно значительно – на 45 % (отн.). На рисунке приведена зависимость скорости вытягивания сляба из кристаллизатора от перегрева особонизкоуглеродисто металла в промежуточном ковше над температурой ликвидус.



зависимость скорости вытягивания сляба из кристаллизатора от перегрева особонизкоуглеродисто металла в промежуточном ковше над температурой ликвидус:

1 – согласно технологической инструкции; 2 – фактически

Небольшой угол наклона линии тренда (1) и низкое значение коэффициента парной корреляции, равное 0,1225 при критическом уровне 0,2732 [11], свидетельствуют об отсутствии статистически значимой зависимости между рассматриваемыми параметрами. Следует отметить, что более 65 % (отн.) количества точек на поле рисунка расположены ниже линии 2, характеризующей нормативную зависимость согласно технологической инструкции. Следовательно, в этих случаях сляб вытягивался с меньшей скоростью, чем это позволял перегрев металла в промежуточном ковше. Это может объясняться вынужденным снижением скорости вытягивания заготовки в процессе ожидания металла очередной плавки для продления серийной разливки.

Качество литого металла изучалось по степени развития дефектов макроструктуры темплетов, вырезанных из слябов (табл. 2).

Таблица 2

Результаты оценки (усредненные данные) качества
макроструктуры литого металла

Диапазон скорости вытягивания сляба, м/мин	Относительное количество плавок, %	Дефект макроструктуры*, баллы					
		ОР	ОХН	ОТ	ТП	ТГ	ТН
0,56 – 0,63	23	1,50	1,54	0,21	1,17	0	1,50
0,64 – 0,71	52	1,48	1,50	0,15	1,20	0	1,46
0,72 – 0,81	25	1,46	1,50	0,08	1,15	0	1,35

* ОР – осевая рыхлость; ОХН – осевая химическая неоднородность;
ОТ – осевые трещины; ТП – трещины, перпендикулярные;
ТГ – трещины гнездообразные; ТН – точечная неоднородность

Приведенные результаты оценки степени развития дефектов макроструктуры свидетельствуют о том, что качество литого металла для всех трех диапазонов скорости вытягивания заготовки из кристаллизатора было практически одинаковым.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что повышение скорости вытягивания сляба на 45 % (отн.) не вызывает ухудшения качества макроструктуры особонизкоуглеродисто металла. Следовательно, такое повышение скорости допустимо с целью повышения производительности слябовой МНЛЗ.

Список литературы

1. Опыт эксплуатации новой одноручевой слябовой МНЛЗ с вертикальным участком / Прохоров С.В., Сарычев Б.А., Казаков А.С., Мошкунов В.В., Столяров А.М. // Сталь. 2012. №7. С. 9–11.
2. Мошкунов В.В., Столяров А.М., Казаков А.С. Определение длины лунки жидкого металла в непрерывнолитых слябах из трубной стали с использованием эффекта «искусственного раздутия» заготовки // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №1 (37). С. 24–26.
3. Усовершенствование режима вторичного охлаждения непрерывнолитых слябов / Селиванов В.Н., Столяров А.М., Буданов Б.А. и др. // Труды V конгресса сталеплавателей: АО «Черметинформация». Ассоциация сталеплавателей. М., 1998. С.411–412.
4. Столяров А.М., Юречко Д.В., Селиванов В.Н. Формирование переходного участка непрерывнолитого сляба из стали разных марок. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2006. 94 с.

5. Столяров А.М., Мошкунев В.В., Казаков А.С. Мягкое обжатие слябов при разливке трубной стали на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2012. 116 с.
6. Шаповалов А.Н., Шевченко Е.А., Столяров А.М. Рациональная длина поддерживающей системы узких граней непрерывнолитого сляба для условий ОАО «Уральская сталь» // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2013. №1. С. 38–41.
7. Изучение искажения поперечного сечения непрерывнолитого сляба / Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н., Баранчиков К.В. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2014. №1. С. 34–37.
8. Столяров А.М., Великий А.Б., Юречко Д.В. Повышение эффективности разливки стали на высокопроизводительных сортовых МНЛЗ. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2009. 126 с.
9. Шевченко Е.А., Столяров А.М., Шаповалов А.Н. Искажение профиля непрерывнолитого сляба в условиях ОАО «Уральская сталь» // Металлургические процессы и оборудование. 2014. №1(35). С. 13–18.
10. Мошкунев В.В., Столяров А.М., Казаков А.С. Снижение осевой химической неоднородности трубной стали в результате мягкого обжатия непрерывнолитого сляба // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №2 (38). С. 24–25.
11. Кнотек М., Войта И., Шефц И. Анализ металлургических процессов методами математической статистики. М.: Металлургия, 1968. 212 с.

УДК 621.74.047

С.В. Дидович, А.М. Столяров, Д.В. Юречко

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ НА КАЧЕСТВО ТРУБНОЙ СТАЛИ

***Аннотация.** Изучено влияние гранулированной шлакообразующей смеси различного состава на качество литого металла и горячекатаного листа из низкоуглеродистой низколегированной трубной стали. Лучшие результаты получены при использовании смеси, обладающей низкой температурой плавления и повышенной вязкостью.*

***Ключевые слова:** низкоуглеродистая низколегированная трубная сталь, непрерывная разливка, МНЛЗ, кристаллизатор, шлакообразующая смесь, слябы, штрипс, качество.*

В ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» производится металлопродукция для нефтегазопроводных труб, представляющая собой горячекатаный металлопрокат значительной толщины с высокой степенью прочности и износостойкости в экстремальных условиях и агрессивной среде. Для этого используется современное оборудование: стан «5000» горячей

прокатки и агрегаты участка ОНРС кислородно-конвертерного цеха – вакууматор циркуляционного типа, установка «ковш-печь» и одноручьевая слябовая МНЛЗ. Данная МНЛЗ криволинейного типа отличается от других эксплуатирующихся в цехе машин наличием вертикального участка длиной 2,7 м, большим радиусом изгиба технологического канала (11 м), возможностью как отлить слябы различной толщины (190, 250 и 300 мм), так и осуществлять мягкое обжатие заготовок в процессе непрерывной разливки [1-8]. Основным видом поверхностных дефектов отливаемой заготовки являются продольные трещины, образующиеся в результате деформации сляба при переходе от вертикального участка к радиальному сегменту. Данный дефект легко обнаруживается визуально и удаляется огневой зачисткой без ухудшения качества дальнейшего проката. При производстве штрипса главными дефектами металлопродукции являются дефекты поверхности овальной формы, классифицируемые как неметаллические включения, и дефекты несплошности, определяемые при ультразвуковом контроле. Металлографический анализ неметаллических включений показал, что в составе 25...30 % включений от их общего количества содержатся такие химические элементы, как фтор, натрий и некоторые другие, характерные для состава шлакообразующей смеси, используемой в кристаллизаторе МНЛЗ [9-10]. Поэтому актуальной задачей стало изучение влияния состава применяемых смесей на качество трубного металла.

Для исследования были выбраны три гранулированные шлакообразующие смеси для кристаллизатора слябовой МНЛЗ:

Параметр	Условное обозначение смеси		
	А	Б	В
Основность (CaO/SiO ₂)	1,25	1,15	1,20
Содержание, %:			
С	3,0	4,5	5,0
F	8,0	5,5	6,0
Al ₂ O ₃	3,0	7,0	4,5
Na ₂ O	8,0	6,0	3,0
MnO	–	4,0	4,5
Li ₂ O	4,5	–	–
MgO	2,0	–	1,5
Температура начала плавления, °С	1110	1120	1180
Вязкость при 1300 °С, Па·с	0,60	0,21	0,21

С использованием данных смесей в кристаллизаторе слябовой МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком было отлито около 150 тысяч тонн низкоуглеродистой низколегированной трубной стали.

В процессе разливки трубной стали нескольких плавов в течение кампании одного промежуточного ковша из кристаллизатора отбирались пробы шлака. Сравнение результатов анализа химического состава шлака показало, что в шлаке происходит увеличение содержания оксида алюминия на 2-3 % (отн.), что свидетельствует о хорошей ассимилирующей способности шлака.

Результаты оценки качества поверхности литого металла на наличие поверхностных трещин представлены на рис. 1. При этом минимальная доля слябов с поверхностными трещинами была принята равной единице.

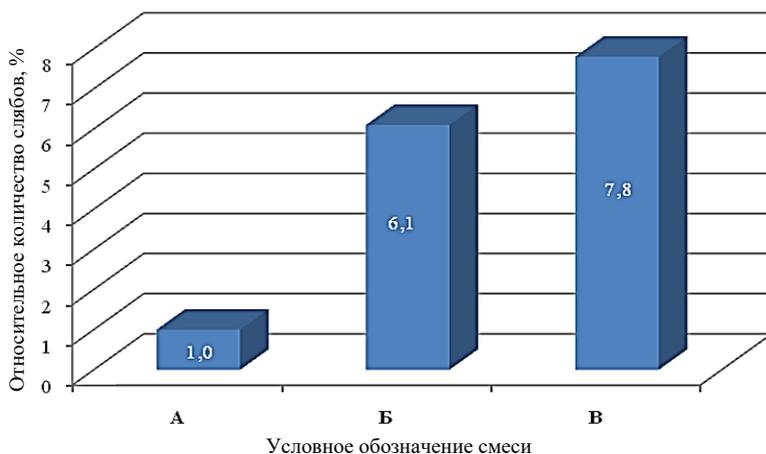


Рис. 1. Относительное количество слябов с продольными трещинами при использовании разных видов смесей в кристаллизаторе МНЛЗ

Наименьшее количество слябов с продольными трещинами было получено при применении гранулированной шлакообразующей смеси состава А. Это может объясняться качественной смазывающей способностью жидкоподвижного шлака вследствие низкой температуры начала плавления смеси, чему способствуют высокое содержание фтора, оксида натрия, присутствие оксида лития, низкое содержание оксида алюминия. Кроме того, при разливке перитектической стали и стали с содержанием углерода до 0,18 % использование смеси, при расплавлении которой образуется шлак с повышенной основностью и вязкостью, позволяет образовывать на поверхности заготовки шлаковый гарнисаж с кристаллической макроструктурой, замедляющий теплоотвод и снижающий трещинообразование.

На рис. 2 представлены данные о качестве горячекатаного листа – штрипса, произведенного из слябов, отлитых под разными смесями в кристаллизаторе МНЛЗ.

Данные о качестве горячекатаного листа подтвердили лидирующую позицию шлакообразующей смеси состава А. Меньшая отсортировка листов по неметаллическим включениям, по-видимому, возможна вследствие достижения рационального значения межфазного натяжения на границе «шлак-металл», при котором затягивание шлака вглубь сляба замедляется.

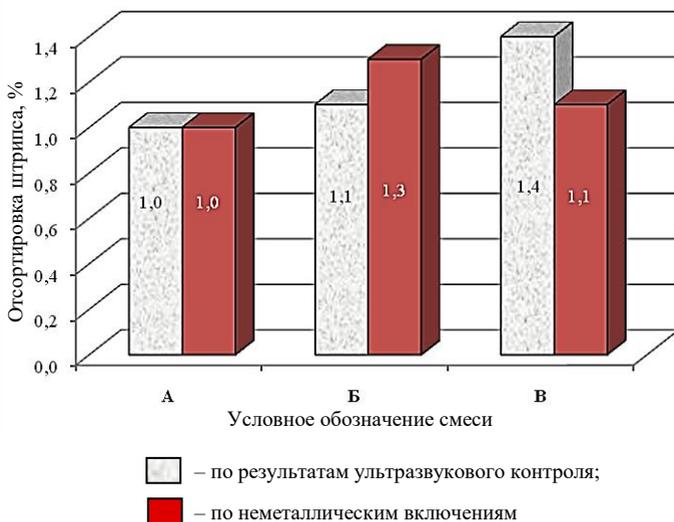


Рис. 2. Данные по отсортировке штрипса при использовании разных видов смесей в кристаллизаторе МНЛЗ

Таким образом, сравнительные испытания трех гранулированных шлакообразующих смесей, используемых в кристаллизаторе одноручевой слябовой МНЛЗ при разливке низкоуглеродистой низколегированной трубной стали, показали преимущество смеси, обладающей низкой температурой плавления и повышенной вязкостью.

Список литературы

1. Мошкунов В.В., Столяров А.М., Казаков А.С. Определение длины лунки жидкого металла в непрерывнолитых слябах из трубной стали с использованием эффекта «искусственного раздутия» заготовки // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №1 (37). С. 24–26.
2. Мошкунов В.В., Столяров А.М., Казаков А.С. Снижение осевой химической неоднородности трубной стали в результате мягкого обжата непрерывнолитого сляба // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №2 (38). С. 24–25.
3. Столяров А.М., Мошкунов В.В., Казаков А.С. Мягкое обжатие слябов при разливке трубной стали на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 116 с.
4. Мошкунов В.В., Столяров А.М. Влияние мягкого обжата на макроструктуру слябовой непрерывнолитой заготовки из трубной стали // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №4 (40). С. 45–47.

5. Мошкунов В.В., Столяров А.М. Определение первого порога проницаемости двухфазной зоны в непрерывнолитых слябах из трубной стали // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. №3 (43). С. 38–40.
6. Столяров А.М., Мошкунов В.В., Дидович С.В. Сравнение качества непрерывнолитых слябов, отлитых на МНЛЗ различного типа // Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XIX Международной научно-практической конференции: Ч. 2 / Сибирский гос. индустриальный университет; под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. С. 87–90.
7. Столяров А.М., Мошкунов В.В., Дидович С.В. Об эффективности внешнего воздействия на качество литого и горячекатаного металла // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы XII всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Старый Оскол: Изд-во Староскольского технологического института им. А.А. Угарова (филиала) ФГАОУ ВПО НИТУ «МИСиС», 2015. Т.1. С. 143–148.
8. Дидович С.В., Столяров А.М., Юречко Д.В. О качестве стали, разлитой на слябовых МНЛЗ с вертикальным участком // Литейные процессы: межрегион. сб. науч. тр. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. Вып.13. С. 180–186.
9. Дидович С.В., Столяров А.М., Юречко Д.В. Опробование шлакообразующих смесей различного состава в кристаллизаторах МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком // Теория и технология металлургического производства. 2015. №1(16). С. 48–53.
10. Дидович С.В., Столяров А.М., Юречко Д.В. Эффективность использования современной системы подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор слябовой МНЛЗ // Наука и производство Урала. 2015. №11. С. 61–64.

УДК 531.43/46

Р.Н. Савельева, Д.И. Муллаяров

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ ЧИСТОВЫХ КЛЕТЕЙ СТАНА 2000 ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ЛПЦ-10 ОАО «ММК»

***Аннотация.** В данной работе представлены результаты сравнительной оценки эффективности повышения безотказности и долговечности опорных валков по критерию кинетической прочности материала. На основе аналитического исследования ресурса опорных валков предложены материалы с более высокими прочностными характеристиками, позволяющие повысить долговечность опорных валков прокатных клеток.*

***Ключевые слова:** надежность, долговечность, работоспособность, ресурс, опорные валки, чистовая клеть.*

Одной из основных проблем производства горячекатаного листа является вопрос повышения безотказности и долговечности опорных валков, так как их ра-

ботоспособностью, в том числе, определяются технико-экономические показатели работы станов горячей листовой прокатки: расход валкового материала, качество прокатываемой полосы, производительность стана и др.

Поскольку основной причиной отказов опорных валков является искажение их исходной профилировки вследствие неравномерного изнашивания по длине бочки, актуальным является вопрос изыскания резервов повышения ее износостойкости для продления их ресурса.

Объектом исследования являются опорные валки седьмой клетки в реальных условиях эксплуатации стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК».

Предметом исследования служат показатели безотказности и долговечности опорных валков.

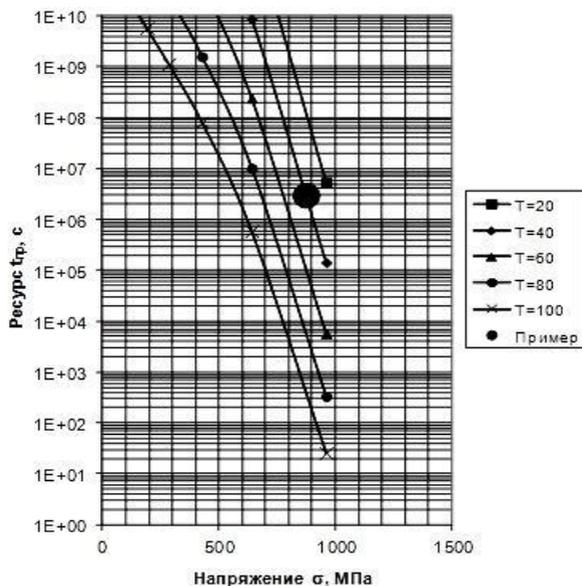
Опорные валки на стане 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» выполнены из стали 40ХН. Для оценки ресурса безотказной работы существующей прокатной клетки был использован современный кинетический подход к расчету долговечности элементов механических систем, представленный в работах [1-7]. С позиции кинетического подхода ресурс нагруженных деталей машин рассчитывается на основе математического моделирования процесса повреждаемости структуры их материала для заданных условий нагружения (заданных напряжений σ_{max} и температуры изделия T). В этом случае параметром состояния исследуемых деталей является не максимальное напряжение σ_{max} , а текущая плотность скрытой энергии дефектов – $u_e(\sigma_{max}, T, t)$, которая накапливается с течением времени эксплуатации t в наиболее нагруженных локальных объемах материала, расположенных в зоне действия σ_{max} . Момент отказа прокатной клетки (ее ресурс) определяется моментом достижения плотностью $u_e(\sigma_{max}, T, t)$ критического значения, которая является функцией энтальпии плавления материала детали в жидком состоянии ΔH_s [8].

Средний ресурс исходного опорного валка, рассчитанный по предложенной методике, составляет для заданных условий нагружения $\bar{t} \approx 2,27 \cdot 10^5 \text{ с} = 2,63$ суток.

Для повышения долговечности опорных валков были предложены материалы с более высокими прочностными характеристиками по рекомендациям, приведенным в современной научно-технической литературе [9]: стали 50ХН, 60ХН, 9ХФ.

Для этих марок стали был рассчитан средний ресурс по методике прогнозирования долговечности. По результатам расчета средний ресурс опорных валков из стали 50ХН составляет $\bar{t} \approx 4,30 \cdot 10^5 \text{ с} = 4,97$ суток, для стали 60ХН $\bar{t} \approx 5,49 \cdot 10^5 \text{ с} = 6,36$ суток.

Как показали исследования, наиболее эффективным способом повышения долговечности опорных валков является их изготовление из стали 9ХФ. Результаты расчета среднего ресурса по методике прогнозирования долговечности представлены на номограмме (рисунок). Как видно из этой номограммы средний ресурс опорных валков из стали 9ХФ составляет $\bar{t} \approx 3,00 \cdot 10^6 \text{ с} = 34,74$ суток, что на порядок превышает ресурс опорных валков из стали 40ХН (на номограмме ордината выделенной точки).



Номограмма для оценки ресурса опорного вала (сталь 9ХФ)

Таким образом, самым эффективным из исследуемых материалов для опорных валков является сталь 9ХФ, позволяющая на порядок повысить ресурс опорных валков из стали 40ХН.

Список литературы

1. Оценка физической теории надежности деталей машин по критериям кинетической прочности материалов / В.П. Анцупов, Л.Т. Дворников, Д.Г. Громаковский, А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, 2014. №1. С. 141-146.
2. Оценка долговечности нагруженных деталей по кинетическому критерию прочности / А.В. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), В.П. Анцупов, М.Г. Слободянский, Р.Н. Савельева // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012. Т.1. С. 137-141.
3. Методология вероятностной оценки надежности элементов машин по различным критериям / А.В. Анцупов, В.П. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), М.Г. Слободянский, А.М. Овсов // Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им Г. И. Носова, 2012. С. 28-34.
4. Оценка долговечности и повышение срока службы золотниковых распределителей / А.В. Анцупов, В.А. Русанов, В.П. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), Р.Н. Савельева // Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им Г. И. Носова, 2012. С. 44-52.

5. Исследование и повышение долговечности оборудования привода валков черновой клети «ДУО» стана 2500 горячей прокатки ОАО «ММК» / Р.Н. Савельева, Е.С. Иванова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2015. Т.1. С. 79-83.
6. Прогнозирование долговечности клапанов насоса сжиженных газов по критерию износостойкости рабочих элементов / Р.Н. Савельева, К.В. Чернов // Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им Г. И. Носова, 2015. С. 23-28.
7. Обеспечение надежности привода экономайзеров системы экранирования горячекатаных полос / В.А. Русанов, А.С. Губин., Р.Н. Савельева, И.А. Анцупова // Инновации в науке: сб. ст. по материалам XLII международной научно-практической конференции. №2 (39). Новосибирск: Изд-во «СибАК», 2015. С. 35-44.
8. Конструкции и расчет надежности деталей и узлов прокатных станов: учеб. пособие / В.П. Анцупов, А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов, В.А. Русанов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 156 с.
9. Сталь и сплавы. Марочник: справ. изд. / В.Г. Сорокин, М.А. Гераськин, В.С. Палеев и др. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 608 с.

УДК 621.746.047

О.А. Филатова

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗЛИВКИ СТАЛИ ИЗ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША СОРТОВОЙ МНЛЗ

Аннотация. В статье представлена математическая модель процесса разливки стали из промежуточного ковша МНЛЗ открытой струей через стаканы-дозаторы с целью определить влияние различных факторов и особенностей конструкции стакана на характер потока жидкого металла, на стабильность процесса литья и на концентрацию неметаллических включений применительно к разливке на сортовой МНЛЗ. Дальнейшее совершенствование конструкции комплектов стаканов-дозаторов обеспечивает эффективное гашение, возникающие над разливочными стаканами воронки и создает условия для повышения качества разливаемого металла благодаря хорошей организации струи.

Ключевые слова: промежуточный ковш (ПК), стакан-дозатор, моделирование процесса разливки металла, разливное отверстие, МНЛЗ.

Характер потока жидкого металла в ПК при непрерывной разливке является определяющим фактором, влияющим на распределение неметаллических включений (НВ) в заготовке [1–7].

Основным элементом, обеспечивающим дозирование истечения стали из ПК в кристаллизатор (К) на сортовых МНЛЗ, является комплект стаканов-дозаторов с сопутствующим оборудованием, который устанавливается в днище ПК.

К стаканам-дозаторам предъявляются следующие требования:

- равномерная подача металла в К в течение всего процесса разливки;
- формирование компактной струи без брызг металла;
- исключение дефекта разливки типа «веер».

Характерной особенностью разливки стали открытой струей через стакан-дозатор является малое сечение его внутренней полости, составляющее обычно 10...18 мм в зависимости от скорости разливки и сечения заготовки [2].

Стабильность разливки в течение всего цикла работы ПК достигается только при сохранении постоянного сечения стаканов-дозаторов. Следовательно, вопрос выбора конструкции комплектов оборудования и материала стаканов-дозаторов для ПК при разливке на сортовых МНЛЗ длинными сериями представляется важным и актуальным.

Целью исследования является повышение качества непрерывно литой заготовки сортовой МНЛЗ и обеспечение стабильной разливки стали из промежуточного ковша. Задачи исследования:

- изучение особенностей движения струи металла в стаканах-дозаторах промежуточного ковша;
- оценка влияния различных факторов на стабильность процесса литья и на концентрацию неметаллических включений в стаканах-дозаторах применительно к разливке на сортовой МНЛЗ.

Разработана модернизированная конструкция разливочного инструмента промежуточного ковша [7, 9, 13] сортовой МНЛЗ с использованием стартовых труб специального профиля, обеспечивающих старт и номинальный режим подачи жидкого металла (рис. 1) [10, 11]. Специальная форма полости труб позволяет в процессе разливки металла формировать струю металла технологически заданной конфигурации без нарушения её сплошности, а также обеспечить осевую центровку струи металла.

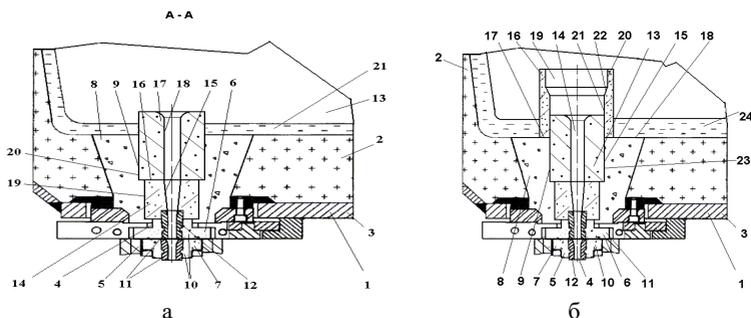


Рис. 1. Конструкции комплектов стаканов-дозаторов:

а – старый вариант; б – модернизированная конструкция со стартовой трубой;

1 – корпус; 2 – огнеупорная футеровка; 3 – днище; 4 – отверстие;

5 – шиберный затвор; 6, 7 – верхний и нижний стаканы-дозаторы;

8 – гнездовой блок; 10 – опорный блок; 11 – вставка стакан-дозатора;

12 – конусообразная полость вставки; 13 – разливочная полость ПК;

14 – направляющий элемент; 16 – стартовая труба; 17 – цилиндрический блок

Создана математическая модель для численного моделирования [8–9, 11] процесса разливки металла в ПК через стакан-дозатор последней конструкции. Модель была основана на уравнении Навье-Стокса для смеси жидкого металла и НВ, уравнения неразрывности потока для несжимаемой жидкости.

На рис. 2 показаны результаты моделирования по оборудованию стаканов-дозаторов без стартовой трубы – а и со стартовой трубой – б. Здесь мы отметили лучшую организацию струи металла на входе в разливочное отверстие, что показывает эффективность применения модернизированной конструкции оборудования стаканов-дозаторов.

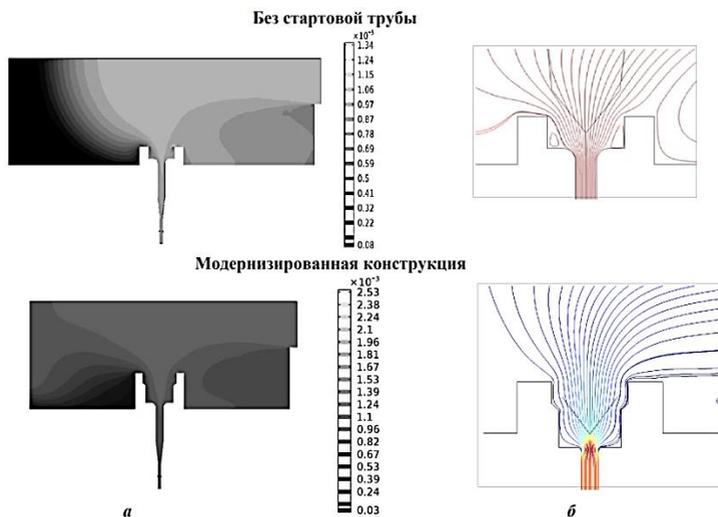


Рис. 2. Результаты моделирования разливки металла:
 а – картина распределения НВ в металле, объемная доля включений, $\text{м}^3/\text{м}^3$;
 б – линии тока

Использование созданного комплекта огнеупорных изделий в производстве показало, что наряду с повышением стойкости всего комплекса оборудования разливочной камеры, эффективно гасятся возникающие над разливочными отверстиями воронки. Благодаря хорошей организации струи, обеспечивается повышение качества разливаемого металла.

На рис. 3 показаны результаты моделирования по оценке влияния высоты уровня металла в ПК на скорости в плоскости раздела металл-шлак над разливочным отверстием. Допустимые предельные скорости на зеркале металла составляют 0,13 м/с. Таким образом, чтобы не допустить оголения зеркала металла, уровень стали в ПК должен быть не менее 500 мм.

Кроме этого, оценивалась качественная картина распределения НВ по ручьям. Выявлено, что распределение НВ по ручьям ПК происходит неравномерно [11, 12]. Наибольшему загрязнению подвержен центральный ручей. Поэтому для снижения концентрации включений, поступающих в этот ручей, на наш взгляд

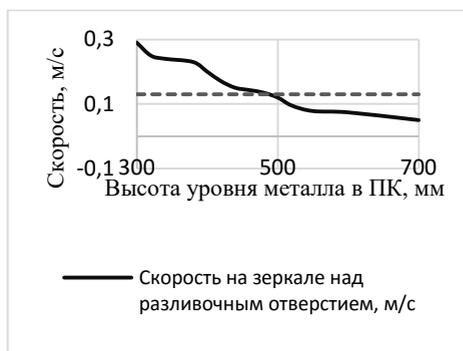


Рис. 3. График зависимости скорости на зеркале металла над разливочным отверстием от уровня металла

жать высоту уровня металла в ПК ниже 500мм, т.к. уменьшение уровня ведет к возрастанию скорости на зеркале металла выше предельной равной– 0,2м/с.

- Выявлено, что распределение НВ по ручьям ПК происходит неравномерно. Наибольшему загрязнению подвержен центральный ручей. Поэтому для снижения концентрации включений, поступающих в этот ручей, на наш взгляд необходимо проведение дополнительных конструктивных мероприятий.

необходимо проведение дополнительных конструктивных мероприятий.

Выводы:

- Результаты моделирования показывают, что в месте стыка нижней и верхней вставок стаканов в процессе истечения возможно «зарастание» канала. Это необходимо учитывать при проектировании новых ПК, чтобы зарастание каналов не приводило к появлению дополнительного сопротивления, к нарушению потока жидкости и к нестабильной разливке.

- В процессе разливки металла из ПК нежелательно снижать

Список литературы

1. Моделирование гидродинамики и теплопереноса расплава стали при дуговом нагреве на установке ковш-печь / Д.Ю. Кабаков, С.Е.Самохвалов, В.П. Пиптюк, О.А. Филатова // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 3. С. 33-37.
2. Redesign of refractories for the pouring chamber of the tundish of a continuous section caster / K.N. Vdovin, V.V. Tochilkin, O.A. Filatova // Refractories and industrial ceramics. 2016. Vol. 56, № 5. P. 439-442.
3. Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Металлург. 2014. № 4. С. 80-82.
4. Применение пластичных огнеупоров усовершенствованной конструкции для защиты струи металла при разливке на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, О.А.Марочкин // Новые огнеупоры. 2014. № 1. С. 3-5.
5. Creating a stream simulator to improve the wear resistance of refractories during the casting of steel on continuous section casters / K. N. Vdovin, O. A. Marochkin, V. V. Tochilkin // Refractories and industrial ceramics. 2014. Vol. 54, № 6. P. 435-437.
6. Аксенова М.В., Мезин И.Ю. Влияние химического состава и способа разливки на качество сортовой заготовки МНЛЗ ЭСПЦ ОАО «ММК» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 1. №70. С. 312-314.

7. Расчет рабочего инструмента – стопора манипулятора промежуточного ковша МНЛЗ / К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин, О.А. Филатова // Технология металлов. 2011. № 2. С. 15-19.
8. Проектирования элементов металлургического оборудования / О.А. Филатова, В.В. Точилкин, Е.А. Потешкина. Магнитогорск, 2014. 210 с.
9. Разработка оборудования системы распределения потоков стали для промежуточного ковша / С.Н. Ушаков, А.А. Хоменко, К.Н. Вдовин, В.В. Точилкин // Сталь. 2009. № 3. С. 13-17.
10. Совершенствование процесса разливки стали на сортовых МНЛЗ / К.Н. Вдовин, О.А. Марочкин, В.В. Точилкин // Металлург. 2014. № 4. С. 80-82.
11. Непрерывная разливка стали: монография / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, И.М. Ячиков. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. 540 с.
12. Рафинирование металла в промежуточном ковше / К.Н.Вдовин, В.В. Точилкин, М.В. Семенов, А.Н.Русаков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 43–46.
13. Усатая Т.В., Дерябина Л.В, Кочукова О.А./Трехмерное компьютерное моделирование в дизайне и проектировании // Архитектура. Строительство. Обращение. 2016. №1 (7). С.61-68.

УДК 669(035); 669.02/.09(075.8)

А.В. Анцупов, М.В. Чукин, А.В. Крамаренко

МЕТОД ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПОЗИЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ*

***Аннотация.** В статье приведен сравнительный анализ результатов прогнозирования надежности двумя методами: посредством традиционных статических критериев и при помощи теории кинетической надежности. На примере расчета параметров надежности для опорных валков лабораторного стана продемонстрирована важность феноменологического подхода к прогнозированию ресурса работы и последующего проектировочного выбора материала.*

***Ключевые слова:** надежность, статическая прочность, кинетическая прочность, проектирование, прокатные валки.*

Параметрическая надежность – это сравнительно новое направление в науке о надежности. Данное направление рассматривает изменение физического состояния технического объекта на основе изучения изменения во времени значений параметров X_i его состояния, а отказ элемента рассматривается как параметрический, связанный с выходом одного из них за предельное (нормируемое) значение $X_{пр}$. [1] Порядок построения моделей параметрических отказов технических объ-

* Работа проведена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства с участием высшего образовательного учреждения (Договор № 02.G25.31.0178 от 01.12.2015 г.).

ектов отражает общая концепция оценки (прогнозирования) параметрической надежности технических объектов. Она сформулирована на основе анализа известных моделей отказов различных авторов [1-5] и единого методологического подхода к оценке надежности технических объектов, разработанного на кафедре ПиЭММО «МГТУ» [6-12]. Концепция представляет систему строго последовательных, вытекающих один из другого исходных положений (принципов, постулатов, правил), формализующих процедуру создания моделей параметрических отказов технических объектов по выбранному параметру (параметрам) X_t .

В четырехвалковой клети усилие прокатки P от рабочих валков передается на опорные валки и воспринимается их подшипниками. В связи с этим схемы нагружения рабочих и опорных валков при прокатке различны. В точках поверхности вращающихся рабочих валков действуют переменные, изменяющиеся по отнулевому циклу, контактные напряжения σ_k в зоне их взаимодействия с опорными валками и контактные давления P_{cp} в зоне их взаимодействия с полосой. Длительное действие контактных напряжений (σ_k и P_{cp}) может привести к усталостному выкрашиванию поверхности валка и возникновению постепенного отказа по критерию контактной прочности. Кроме того, возникновение в зонах отставания и опережения средних касательных напряжений $\tau_{cp} = f \cdot p_{cp}$ приводит к изнашиванию их поверхности и может привести к постепенному их отказу по критерию их износостойкости.

В качестве исходных данных примем следующие значения необходимых для расчета параметров:

доп = 100 мм, $l_{оп}$ = 70 мм – диаметр и длина шейки валка;

D2 = 150 мм, L=180 мм – диаметр и длина бочки валка;

$P = 121,1$ кН – усилие прокатки;

$q = P / L = 121,1 \cdot 10^3 \text{ Н} / 180 \text{ мм} = 672,8 \text{ Н} / \text{мм}$ – погонная нагрузка на бочку валка;

$R_A = R_B = P / 2 = 121,1 / 2 = 60,55 \text{ кН}$ – реакции в опорах валка, определенные из условия симметричности схемы нагружения;

$\sigma_t = 350 \text{ МПа}$ – предел текучести (предельное напряжение) материала валка (сталь 45Х).

Проведенные с позиций кинетического подхода расчеты показателей надежности опорного валка, подверженного пульсирующему циклу контактных напряжений, показали следующее.

1. Состояние опорного валка по выбранному параметру u_{et} изменяется во времени:

от начального, при котором $u_{et} = u_{e0} = 1,776 \text{ Дж} / \text{мм}^3$,

до предельного, при котором $u_{et} = u_{ekp} = 10,282 \text{ Дж} / \text{мм}^3$.

2. Основной показатель безотказности опорного валка – запас его надежности по выбранному параметру: $n_{ut} = u_{ekp} / u_{et}$, убывает с течением времени:

при $t=0$, запас – $n_{u0} = u_{ekp} / u_{e0} = 10,28 / 1,54 = 6,68$;

при $t = t_{np} = 6,9 \cdot 10^{-6} \text{ с}$, запас – $n_{u(t=t_{np})} = u_{ekp} / u_{ekp} = 1$.

3. Для назначенного ресурса 0,5 года запас надежности валка отсутствует – $7 \cdot 10^{-13}$, т.е. валок неработоспособен.

4. Прогнозируемый ресурс опорного валка (предельная длительность непрерывного пребывания валка под нагрузкой от момента ее приложения до момента отказа (разрушения)) составляет $7 \cdot 10^{-6}$ с, т.е. практически равен нулю.

Таким образом, с позиций статического подхода к оценке надежности нагруженных объектов опорный валок по выбранному параметру $\sigma = \sigma_k$ находится постоянно (сколь угодно долго) в одном и том же работоспособном состоянии с коэффициентом запаса надежности, равным 1,14, а следовательно, его ресурс равен бесконечности. Однако долговечность опорного валка по критерию контактной прочности крайне мала и выкрашивание валков начнется почти мгновенно (через $7 \cdot 10^{-6}$ с) после приложения нагрузки.

Список литературы

1. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 560 с.
2. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: пер. с нем. М.: Радио и связь, 1988. 392 с.
3. Абрамов О.В., Розенбаум А.Н. Прогнозирование состояния технических систем. М.: Наука, 1990. 126 с.
4. Тум Х. Об оценке надежности и долговечности узлов трения // Теоретические и прикладные задачи трения, износа и смазки машин. М.: Наука, 1982. С. 278-285.
5. Методика прогнозирования надежности и оценка износостойкости деталей узлов трения металлургического оборудования. / Анцупов А.В., Анцупов В.П., Анцупов А.В. (мл) и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 1. С. 80-84.
6. Основы диагностики и надежности технических объектов: учеб. пособие / Анцупов В.П., Корчунов А. Г. Анцупов А.В. (мл.), Анцупов А.В. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 114 с.
7. Прогнозирование надежности деталей и узлов металлургического оборудования при их проектировании и эксплуатации: учеб. пособие / Анцупов В.П., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов А.В., Слободянский М.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 77 с.
8. Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П. Методология прогнозирования надежности элементов машин по различным критериям // Надежность. 2012. №4 (43).
9. Методология вероятностной оценки элементов машин по различным критериям / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П. и др. // Механическое оборудование металлургических заводов: Межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 29-37.
10. Методология аналитической оценки надежности технических объектов / Анцупов А.В., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов В.П. и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Т.1. С. 141-144.

11. Designed assessment of machine element reliability due to efficiency criteria (Проектная оценка надежности элементов машин по критериям работоспособности) / Antsupov A.V., Antsupov A.V. (jun.), Antsupov V.P. // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2013. №5(45). С. 62-66.
12. Научные и методологические основы прогнозирования надежности трибосопряжений на стадии их проектирования / А.В. Анцупов, М.В. Чукин, А.В. Анцупов (мл.) и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2011. №4. С. 56-61.

УДК 669.053.2-044.382:661.872'02:669.054.83

**О.Ю. Шешуков, М.А. Михеенков, Д.А. Лобанов, Л.А. Овчинникова,
Е.А. Вязникова**

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА В КРАСНОМ ШЛАМЕ

***Аннотация.** Рассмотрена технология переработки красного шлама путём восстановительного обжига с использованием карбоната кальция в сырьевой смеси с получением железосодержащего концентрата и цементного клинкера*

***Ключевые слова:** красный шлам, помол, восстановительный обжиг, разделение, химический состав, фазовый состав, железосодержащий концентрат, цементный клинкер*

На сегодняшний день на предприятиях глиноземной промышленности накоплены десятки миллионов тонн техногенных отходов (красных и белитовых шламов). Извлечение полезных элементов из красных шламов позволит получать товарную продукцию (чугун, железосодержащий концентрат, скандий и другие редкоземельные металлы, глиноземистый цемент, строительные материалы и др.), а также снизить потери глинозема и щелочи.

Обзор имеющихся работ по этой области [1, 2, 3] показывает, что по итогам работ получается литейный чугун и шлак, который может быть далее использован для получения глинозёма или цементного клинкера. Однако наличие в красном шламе значительного количества вредных примесей не позволяет достичь высокого качества чугуна и глиноземистого цемента, в частности чугун содержит значительное количество серы и фосфора, а глиноземистый цемент щелочей, майенита ($12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$) и геленита ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$).

Исходя из опыта работ [4, 5] авторами данного исследования предложено составлять сырьевую смесь из расчета получения в процессе обжига клинкер портландцемента и восстановленные оксиды железа – вюстит (FeO) и магнетит (Fe_3O_4). При этом ожидается, что в процессе восстановительного обжига вредные примеси, входящие в состав красного шлама, поглотятся силикатными фазами портландцементного клинкера и не войдут в состав железистых оксидов. Магнитную железистую фазу предлагается отделять магнитной сепарацией после помола портландцементного клинкера с природным гипсом до требуемой по нормативным документам тонины помола. После подобной обработки будет по-

лучены два высококачественных продукта – портландцемент или сульфосиликатный цемент, а также железосодержащий концентрат. Общая схема технологии приведена на рисунке.

Предлагается проводить восстановительный обжиг шихты, которая включает в себя красный шлам, пылевидный кварц, углерод и карбонат кальция (CaCO_3). Перед смешиванием компонентов исходной шихты проводится их сушка и гомогенизация путем совместного помола. Химический состав компонентов исходной шихты на основе красного шлама представлен в табл. 1. Состав двух подготавливаемых шихт на основе красного шлама и химический состав силикатного компонента представлен в табл. 2. Особенностью обжига является введение в сырьевую смесь карбоната кальция в количестве, необходимом для формирования при обжиге кальцийсодержащих силикатных минералов. Это облегчает восстановление силикатной и ферритной составляющих за счет реакции оксида кальция с оксидом кремния, создает благоприятные термодинамические условия для разрушения соединений оксидов железа с оксидами кремния и стеклофазы, формирования кристаллических фаз кальцийсодержащих силикатных минералов и восстановления оксидов железа.



Общая схема пиromеталлургического передела

Таблица 1

Химический состав сырьевой смеси

Компонент	Содержание, масс. %								Сумма
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Прочие	Δm _{пирк}	
Микрокальцит (CaCO ₃)	56,35	0,04	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	43,46	100
Красный шлам	12,1	8,99	12,55	44,89	2,5	0,7	11,53	6,74	100
Коксовая мелочь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,90*	1,10	100

* углерод

Таблица 2

Составы исходной шихты на основе красного шлама
и химический состав силикатного компонента

Наименование клинкера	Состав исходной шихты, мас. %		Химический состав силикатного компонента, масс. %				
	МК*	КШ**	С	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Шихта 1	65,0	32,0	3,00	58,5	8,7	8,4	11,2
Шихта 2	10,0	76,0	14,00	36,2	19,2	11,1	14,2

* микрокальцит

** красный шлам

Дальнейшее разделение полученной смеси после обжига на силикатный и железосодержащий концентраты осуществляется пневматическим способом в циклонах. Образующийся после сепарации силикатный концентрат направляется на обжиг до клинкера. Перед обжигом на портландцемент при температуре 1400°C в него вводятся корректирующие добавки для того, чтобы достичь требуемые модульные характеристики.

Результаты восстановительного обжига на содержание вредных примесей в железосодержащем концентрате представлены в табл. 3, полученный по результатам эксперимента состав синтезированных клинкеров представлен в табл. 4.

Таблица 3

Результаты химического анализа железистого концентрата

Наименование материала	Содержание в железосодержащем концентрате, мас. %		
	Fe _{мет}	S	P
Железосодержащий концентрат из шихты 1	56,02	0,015	0,033
Железосодержащий концентрат из шихты 2	58,16	0,011	0,026

Таблица 4

Фазовый состав синтезированных клинкеров по данным количественного РФА

Основные фазы цемента	Клинкер 1, мас. %	Клинкер 2, мас. %
3CaO·SiO ₂ (C ₃ S)	67,0	68,0
2CaO·SiO ₂ (C ₂ S)	10,0	7,0
4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃ (C ₄ AF)	17,0	20,0
3CaO·Al ₂ O ₃ (C ₃ A)	6,0	5,0
Сумма	100,0	100,0

По результатам эксперимента показано, что после проведения восстановительного обжига и разделения в полученном железосодержащем концентрате преобладает металлизированное железо, что благоприятно сказывается на переработке полученных железосодержащих концентратов. Кроме того, полученные железосодержащие концентраты чище по фосфору и сере и пригодны для использования в качестве шихты в процессах получения чугуна, а также в качестве охладителя конвертерной плавки.

Определение физико-механических свойств клинкеров, полученных при температуре 1400°C на основе силикатного концентрата, в соответствии с требованиями ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия» показало, что полученные цементы соответствуют требованиям ГОСТ к марке ЦЕМ I 32.5Н ГОСТ 31108-2003.

Список литературы

1. А.с. 1615205 СССР, МПК С22 В7/00. Способ переработки красных шламов / Киселев В.А., Леонтьев Л.И., Кожевников Г.Н., Пярмякова Л.И. ; заявитель Институт металлургии Уральского филиала АН СССР. – № 4470388/31-02 ; заявл. 01.08.1988 ; опубл. 23.12.1990, Бюл. № 47. С. 94.
2. Леонтьев Л.И. Комплексная переработка железоглиноземистого сырья // Ресурсы. Технология. Экономика. 2006. № 3. С. 10-14.
3. Леонтьев Л.И. О возможности комплексной металлургической переработки отходов обогащения бокситов и сопутствующих им руд // Ресурсы. Технология. Экономика. 2005. № 12. С. 7-9.
4. Встраивание примесных ионов в структуру алита и белита по данным ЯМР-спектроскопии и расчетов на основе теории функциональной плотности / Т.Т. Тран, С.Л. Поульсен, Б. Янсанг, Д. Херфорт, Х.Й. Якобсен, Й. Скибстед // Цемент и его применение, 2010. № 6. С. 35-49.
5. Taylor H. F. W. Distribution of sulfate between phases in Portland cement clinkers // Cement and Concrete Research, 1999. № 29. P. 1173-1179

УДК 669.017.16: 669.715

В.Г. Смирнова, В.П. Ермакова, В.В. Катаев, О.Ю. Шещуков, М.В. Лапин, А.Б. Шубин, Л.А. Овчинникова

К ВОПРОСУ НАСЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ АЛЮМИНИЙ СОДЕРЖАЩИМИ СПЛАВАМИ*

Аннотация. Показано, что оптимальную структуру алюминий содержащих сплавов можно получить только с помощью структурной наследственности вводимого ферросплава, имеющего оптимальную структуру.

Ключевые слова: микроструктура, ферроалюминий, структурная наследственность, алюминий содержащие сплавы

Служебные свойства всех Fe-C сплавов, в том числе и жаростойких сплавов, содержащих повышенное количество алюминия, определяются, в первую очередь, металлической основой, т.е. величиной зерна и степенью загрязненности

* Работа выполнена по Государственному заданию «Структурные физико-химические и механические свойства алюминиевых и медных сплавов и композитов конструкционного и электротехнического назначения (№0396-2015-0078).

Состав фазовых составляющих был определен на оборудовании ЦКП «Урал-М».

металла примесями, включая карбиды и неметаллические включения. Воздействовать на металлическую основу можно путем передачи структурных признаков шихты через жидкое состояние слиткам и отливкам, используя так называемое явление структурной наследственности [1].

Ранее [2, 3] было установлено, что быстрое охлаждение ферроалюминия (ФА) позволяет получить в нем оптимальную структуру, которая, согласно структурной наследственности, должна гарантировать получение, в свою очередь, оптимальной структуры и высокой жаростойкости металла, легированного таким ферросплавом.

Сплавы на основе системы Fe-Al выплавляли в высокотемпературной печи сопротивления. В качестве алюмосодержащей добавки использовали ферроалюминий ФА30 (31,5%Al; 0,12%С; 0,54%Si), охлажденный из жидкого состояния (от 1450°С) со скоростью около 1650°С/мин. Базой служила низкоуглеродистая сталь марки 10883(Э) (0,008%С; 0,17%Si; 0,19%Mn; 0,07%S; 0,012%P). Расчетное содержание алюминия в сплавах – 23...27%. Шлакообразующие материалы состояли из CaO и CaF₂ (4%). Шихту нагревали до 1550°С и разливали в графитовую изложницу при 1500°С. Опытные слитки диаметром 15 мм и высотой 120 мм разрезали в поперечном направлении. Качество поверхности шлифов достигалось за счет многоступенчатой шлифовальной и полировальной обработки с использованием различных алмазных паст.

Для исследования структуры полученных слитков использовали оптический микроскоп НЕОРНОТ-2 и микротвердомер Micromet-5103, оборудованный компьютерной системой анализа изображений Thixomet Pro. Величину зерна α-феррита в металле обеих плавков определяли методом подсчета пересечений границ [4]. Измерение твердости металла исследованных слитков по Роквеллу (HRC) [5] проведено на приборе Wilson при нагрузке 60 кг. Измерение твердости по Виккерсу (HV) [6] проведено на Micromet-5103 при нагрузке 0,025Н.

Для определения состава фазовых составляющих в исследуемом металле использовали метод локального рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) на растровом электронном микроскопе Carl Zeiss EVO 40 с приставкой для РСМА и рентгеноструктурного фазового анализа (РСФА) на рентгеновском дифрактометре XRD 7000 (фирмы SHIMADZU. В табл.1 приведены результаты химического анализа полученного металла.

Таблица 1

Химический состав исследованных сплавов и количество вводимых шихтовых материалов

Слиток	Химический состав (масс.%)			
	Al	C	Mn	Si
I	23,5	0,18	0,60	0,37
II	27,5	0,32	0,65	0,36

На рис. 1 показаны фотографии структуры металла исследованных слитков.

С помощью РСМА и РСФА был определен состав фазовых составляющих в микроструктуре, представленной на рис. 1. На рис. 2 можно увидеть, что металлической основой всех сплавов является интерметаллид FeAl. Но в сплаве I (23,5%Al) присутствуют только вытянутые темно-серые включения карбидной фазы - Fe₃AlC_x различной длины (рис. 1, а), а в сплаве II (27,5%Al) к этим вклю-

чениям (рис. 1, б) примыкают короткие веерообразные пластинки серого цвета, имеющие состав оксикарбидной фазы – FeAlOC (рис. 3).

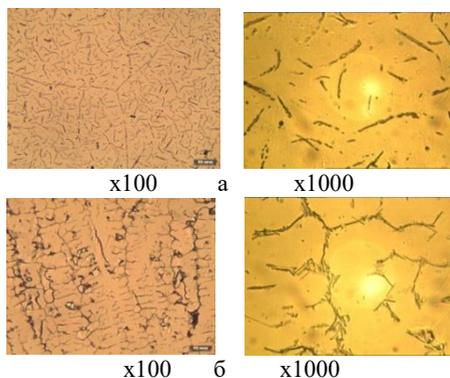


Рис. 1. Микроструктура сплавов:
а – слиток I (23.5% Al); б – слиток II (27.5% Al)

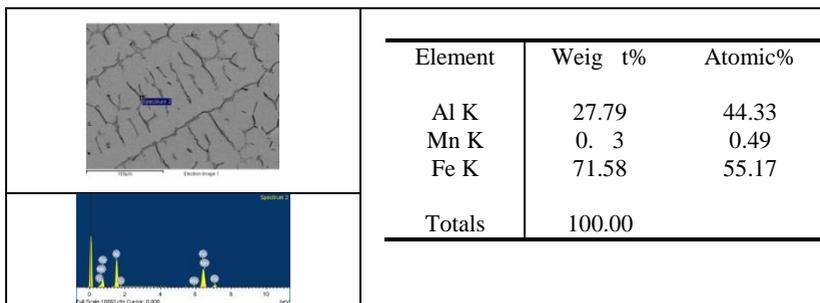


Рис. 2. Состав металлической основы сплавов по данным РСМА

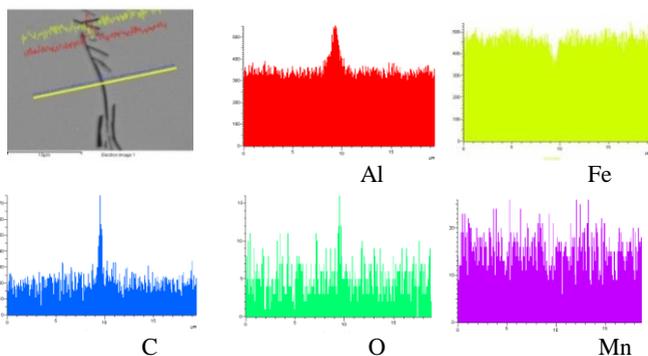


Рис. 3. Состав пластинок веерообразной формы в слитке II по результатам сканирования на растровом электронном микроскопе

Ниже в табл. 2 представлены некоторые характеристики микроструктуры металла исследованных слитков.

Таблица 2

Величина (N) зерна α -феррита, твердость (HRC) сплавов и микротвердость (HV) матрицы и карбидной фазы

Слиток	N Зерна α -феррита	HRC сплавов	HV0,025 матрицы	HV0,025 карбидной фазы
I	1,0	32-38	335-365	532-551
II	4,5	39-47	357-430	530-578

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что величина (номер) зерна α -феррита зависит прежде всего от содержания в сплаве алюминия: чем это содержание выше, тем мельче зерно. Ввод быстро охлажденного ФАЗ0 способствует измельчению зерна, причем, наиболее заметно это происходит при вводе наибольшего количества ФАЗ0 – слиток II (табл. 1). Кроме того, в сплаве II наблюдается повышение твердости (HRC) сплава в целом и микротвердости (HV) отдельных его фаз.

На рис. 5 приведена микроструктура вводимого в металл быстро охлажденного ферросплава ФАЗ0.

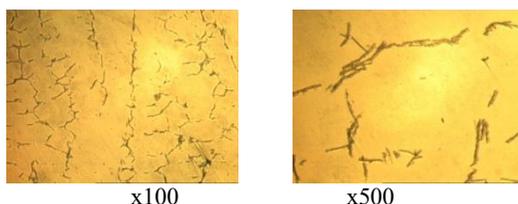


Рис. 5. Микроструктура ферросплава ФАЗ0

Из сравнительного анализа данных, представленных на рис. 1, б и 5, т.е. микроструктуры сплава, легированного быстро охлажденным ФАЗ0 (сплав II), и микроструктуры самого быстро охлажденного ферросплава ФАЗ0, следует сделать вывод об идентичности сравниваемых снимков. Этот факт демонстрирует, по нашему мнению, высокую степень наследственности металла, полученного путем легирования большим количеством ферроалюминия. Таким образом, при разработке технологии выплавки сплавов необходимо уделять внимание структуре шихтовых материалов (ферросплавов).

Список литературы

1. Никитин В.И. Закономерности и механизмы структурного наследования в системе шихта-расплав-отливка // Наследственность в литых сплавах: тез. докл. обл. межотраслевого научно-технического семинара / (20-24мая 1990) Куйбышев, 1990. С.1-7.
2. К вопросу повышения жаростойкости материалов / Шешуков О.Ю., Ермакова В.П., Маршук Л.А., Смирнова В.Г., Катаев В.В. // Известия Самарского науч-

- ного центра РАН под ред. В.П. Шорина. Самара: Изд-во Самарского НЦ РАН, 2012. Т.14. №1(2). С.593-596.
3. Ермакова В.П., Шешуков О.Ю., Маршук Л.А. Влияние состава и скоростей охлаждения жидкого металла на структуру сплавов системы Fe-Al // МиТОМ. 2010. №8. С.3-7.
 4. ГОСТ 5639-82. Методы выявления и определения величины зерна.
 5. ГОСТ 9013-59. Метод измерения твердости по Роквеллу.
 6. ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007. Измерение твердости по Виккерсу. Ч. 1. Метод измерения.

УДК 669.162.261.3

Е.О. Харченко, М.И. Сибгатуллина, С.Н. Миникаев

ВЛИЯНИЕ РУДНОЙ НАГРУЗКИ ШИХТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ОКАТЫШЕЙ ПРИ НАГРЕВЕ ДО ТЕМПЕРАТУРЫ 600 °С

Аннотация. Совместным нагревом окатышей ССГПО и кокса до температуры 600 °С в течение 60 минут исследовали действие рудной нагрузки в интервале от 3,6 до 4,2 на прочностные характеристики окатышей. Сопротивлению ударным и истирающим нагрузкам подвергали фракцию более 5 мм предварительно выделенную из пробы после нагрева. Повышение рудной нагрузки снижало разупрочнение окатышей.

Ключевые слова: окатыши, горячая прочность, рудная нагрузка, кокс.

Технико-экономические показатели работы доменной печи зависят от ряда факторов [1-3], которые включают физико-химические и физико-механические свойства шихтовых материалов [1-3]. Существенное значение имеют показатели прочности шихтовых материалов [3-7], в том числе горячая прочность окатышей [8,9]. Низкая ее величина может приводить к преждевременному их разупрочнению в верхней части печи, что ухудшает газодинамику процесса. В результате увеличиваются потери железа с выносимой из доменной печи пылью и шламом. Кроме того, снижается степень использования тепловой и химической энергии газового потока, что приводит к росту удельного расхода кокса.

В связи с этим провели исследования по изучению горячей прочности окатышей после их совместного нагрева с коксом. В процессе экспериментов навеску испытуемых окатышей в смеси с коксом при рудных нагрузках от 3,6 до 4,2 загружали в стакан из нержавеющей стали объемом 120 см³ и помещали в печь, предварительно нагретую до 600 °С. Терморегулятором поддерживали заданную температуру в течение всего времени испытания. По истечении 60 минут выдержки навеску извлекали из печи, выделяли фракцию более 5 мм и отделяли материалы друг от друга.

Прочность окатышей оценивали по сопротивлению его ударным и истирающим нагрузкам, которым подвергается испытываемая проба во вращающейся в вертикальной плоскости со скоростью 27 об/мин в течение 8 минут стальной гладкостенной трубе длиной 1000 мм и диаметром в свету 78,5 мм.

Показателями служили сопротивление удару ($ГП_{+5}$), и истиранию ($ГП_{0,5}$). С целью их определения пробы после извлечения из печи последовательно рассеивали на решетке с ячейками диаметром 5 мм и сите с ячейками 0,5x0,5 мм, добиваясь полного отсева подрешетного продукта, т.е. класса 0-5 мм и фракции 0-0,5 мм, обращая особое внимание на полный отсев фракции 0-0,5 мм, как трудно отсеваемой. Процентное содержание в испытанной пробе окатышей классов +5 мм и 0-0,5 мм характеризовали, соответственно, сопротивление удару и истиранию.

Расчетное уравнение для определения этих характеристик:

$$[ГП_{+5}, ГП_{0,5}] = \frac{[M_{+5}, M_{-0,5}]}{МП} \times 100, \% \quad (1)$$

где M_{+5} , $M_{-0,5}$ – соответственно, масса в испытанной пробе окатышей классов +5 и 0-0,5 мм, г;

$МП$ – общая масса испытанной пробы, полученной как сумма окатышей классов +5; 0,5-5 и 0-0,5 мм, г.

Повышение рудной нагрузки (РН) в смеси окатышей и кокса увеличивало сопротивление окатышей ударным нагрузкам (показатель $ГП_{+5}$) и снижало их истираемость (показатель $ГП_{0,5}$) в соответствии с рис. 1 и 2.



Рис. 1. Зависимость истирания окатышей от величины рудной нагрузки при температуре нагрева 600 °С

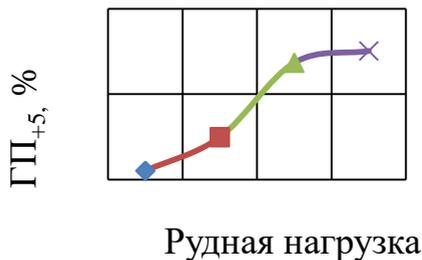


Рис. 2. Зависимость сопротивления годных окатышей удару от величины рудной нагрузки при температуре нагрева 600 °С

Нагрев смеси окатышей и кокса до температуры 600 °С при рудной нагрузке 3,6, обеспечивал выход фракции +5 мм, равный 99,8%. При этом истирание окатышей составляло 0,08%. Увеличение рудной нагрузки от 3,6 до 4,2 сопровождалось уменьшением выхода фракции -0,5мм на 8,8% отн. (рис. 1). При незначительном изменении величины сопротивления годных окатышей удару (рис. 2). Прочностные характеристики кокса при этом изменялись в противоположном направлении. При рудной нагрузке, равной 3,8, выход фракции кокса -0,5 мм составлял 6,41%. Увеличение рудной нагрузки сопровождалось повышением истирания кокса на 48,2% отн (рис. 3).

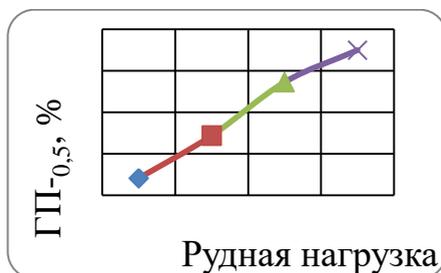


Рис. 3. Зависимость истирания кокса от величины рудной нагрузки при температуре нагрева 600 °С.

Таким образом, совершенствование работы доменных печей в направлении снижения удельного расхода кокса создаёт благоприятные условия для снижения разупрочнения окатышей.

Список литературы

1. Сibaгатуллин С.К., Харченко А.С. Выявление рациональной последовательности набора компонентов сырья в бункер БЗУ лоткового типа физическим моделированием // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №3. С. 28–34.
2. Влияние различных факторов на равномерность распределения коксового орешка в колошниковом пространстве доменной печи, оснащенной БЗУ лоткового типа / Харченко А.С., Сibaгатуллин С.К. и др. // Теория и технология металлургического производства. 2010. № 1. С. 33-38.
3. Прочностные характеристики коксового орешка различного происхождения / Сibaгатуллин С.К., Харченко А.С., Теплых Е.О. и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. № 1. С. 19-21.
4. Сibaгатуллин С.К., Харченко А.С. Качество шихтовых материалов доменной плавки, включающих титаномагнетиты и сидериты. Магнитогорск, 2012. 150 с.
5. Сibaгатуллин С.К., Иванов А.В., Решетова И.В. Применение органических связующих компонентов в процессе агломерации железорудного сырья // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 4. С. 30-32.

6. Производство агломерата при снижении в шихте доли концентрата ССПО и аглоруды Михайловского ГОКа в условиях ОАО «ММК» / Сибатуллин С.К., Сенькин К.В., Гибадулин М.Ф., Гостенин В.А., Некеров В.Д. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 4 (12). С. 9-10.
7. Требования к качеству железорудных окатышей для доменного производства / Дрожилев Л.А., Гладков Н.А., Журавлев О.М. и др. // Черная металлургия: Бюл. НТИ. 1977. № 23. С. 41-48.
8. Burghardi O. // Berg-und Huttenmannische Monatshefte. 1974. Ив 119. № 1. PP. 41-48.
9. К вопросу о качестве железорудных материалов / Н.М. Можаренко, Н.А. Гладков, А.С. Нестеров и др. // Сталь. 1997. № 8. С. 3-5.

УДК 621.771

А.Б. Сычков, А.Ю. Столяров, С.О. Малашкин, Г.Я. Камалова

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕФОРМИРОВАННЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация. В статье проведен анализ литературных данных по проблеме структурообразования в поверхностных слоях деформированных металлов. Определено влияние неравномерности напряженно-деформационного состояния (НДС) на формирование структуры и свойств металла. В приповерхностном слое формируется зона относительно постоянной толщины не зависимо от коэффициента трения. С уменьшением размеров относительная площадь этого участка растет и оказывает значимое воздействие на структуру и свойства тонкой проволоки. Представлен механизм взаимодействия поверхностных слоев проволоки и дислокаций в виде формирования гофр и их чередования в приповерхностном слое с формированием узора поверхности типа «шахматной доски». О процессах, протекающих на границе раздела «заготовка – волоочильный инструмент» при волочении, в технической литературе фактически нет сведений. Поэтому актуально исследование зависимости структурообразования в поверхностных слоях от различных факторов процесса волочения.

Ключевые слова: структура, приповерхностный слой, волочение, НДС, неравномерность, механическая схема деформации, гофрирование, структура типа «шахматной доски», проволока, трение.

Конечное качество металлопродукции определяется комплексными параметрами, формируемыми на всех этапах ее производства – выплавка стали, ее внепечная обработка, непрерывная разливка, прокатка, волочение, термическая обработка на металлургическом и метизном переделах. В статье представлен литературный обзор по особенностям структурообразования в поверхностных слоях катанки и тонкой проволоки [1].

Пластическая деформация определяется следующими факторами: механической схемой деформации; температурно-скоростным режимом и неравномерностью распределения деформаций. Неравномерное распределение напряжений возникает по следующим причинам: форма объекта; внешнее трение; неравно-

мерное распределение деформаций и температуры; неоднородность структуры. Для объяснения влияния формы тела на неравномерное распределение напряжений автор приводит модель напряженного состояния тела в виде силового потока траекторий. Изучение внешнего трения между обрабатываемым инструментом и металлом показывает, что оно вызывает неравномерное распределение деформаций и дополнительные сдвиги [2].

При производстве тонкой проволоки (диаметром менее 2,0 мм), следует исследовать условия деформации поверхностных слоев проволоки и температурно-скоростные параметры, определяющие локализацию деформации сжатия и эффект нагрева и охлаждения проволоки с ростом скорости волочения.

В работе [3] исследована величина интенсивности пластической деформации при волочении высокоуглеродистой проволоки диаметром 2,45 мм со скоростью волочения 5 – 8 м/с при коэффициенте трения 0,02 – 0,05. Упрочнение металла по поперечному сечению проволоки происходит неравномерно, контактные силы трения оказывают большое влияние на схему напряженного состояния. Общий характер распределения продольных, радиальных и тангенциальных напряжений при волочении с граничным трением ($f = 0,05 - 0,1$) такой же, как и при жидкостном трении.

В работе [4] было исследована сдвиговая неустойчивость подповерхностных слоев меди М1 (диаметр прутка 5 мм, длина – 20 мм) при трении. По мере приближения к поверхности трения можно различать несколько характерных зон (рис. 1).

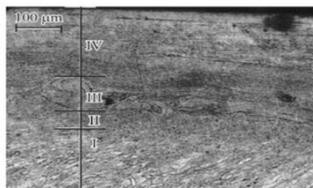


Рис. 1. Микроструктура зон пластической деформации на медном образце. (I) зона пластической деформации и текстурирования, (II) зона фрагментации, (III) зона неустойчивости течения, (IV) зона ламинарного течения нанокристаллического материала. Нумерация зон – от глубины к поверхности

Данная картина пластической деформации свидетельствует о действии механизма течения, сходного с механизмом течения потока жидкости. Одной из особенностей его строения является наличие вихревых структур как внутри самого слоя, так и на границе раздела с основным материалом.

В работе [5] было проведено тонкое волочение заготовки диаметром 1,85 и 1,14 мм. Установлено, что микроструктура на поверхности образца и на осевой линии до процесса волочения не отличаются. Однако, после протяжки проволоки в микроструктуре проглядывается слой деформированных перлитных колоний глубиной около 40 мкм. При большем увеличении ($\times 20000$) видна текстура деформации ферритно-цементитных пластин внутри колоний сорбита в поверхностных слоях проволоки.

Несовместимость деформации поверхностного слоя и кристаллической подложки обуславливает возникновение при их сопряжении эффекта гофрирования

поверхности кристалла. С ростом степени деформации эффект гофрирования проходит три стадии своего развития [6].

В начальной стадии в тонком поверхностном слое возникает стохастически распределенное гофрирование на микроуровне. В поверхностном слое возникает локализация деформации на мезоуровне (рис. 2, а).

Вторая стадия гофрирования связана с формированием связи между поверхностным слоем и объемом кристалла, на котором НДС характеризуется распределением типа «шахматной доски» (рис. 3). На поверхности возникает мезосубструктура экструдированного материала. На этой стадии стационарного гофрирования поверхностный слой смещает ламели мезополос гофра наружу (рис. 2, б).

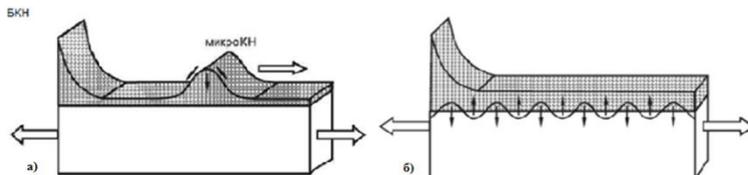


Рис. 2. Схема генерации дислокаций одиночным импульсом

На завершающей стадии гофрирования поверхностный слой, жестко прикрепленный к кристаллу в зонах сжимающих напряжений интерфейса, изгибается как целое подобно потере устойчивости длинномерного стержня при одноосном сжатии. В зоне максимального изгиба поверхностного слоя возникает макроконцентратор напряжений, определяющий условия разрушения деформируемого образца.

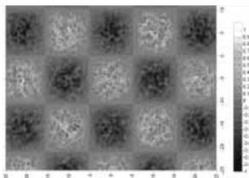


Рис. 3. Распределение неупругой деформации на интерфейсе «поверхностный слой – основной кристалл»; трехмерное моделирование [6].
Справа представлена высота профиля

Из литературного анализа следует, что при повышенных степенях холодной деформации, распределение НДС неоднородное. Процессы поверхностного упрочнения металла, в частности тонкой проволоки, изучены недостаточно. Поэтому актуально исследование зависимостей структурообразования в поверхностных слоях от различных факторов волочения.

Список литературы

1. Особенности технологии производства высокоуглеродистой катанки / А.Б. Сычков, В.В. Парусов, Ю.А. Ивин и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 38-42.
2. Губкин С.И. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1967. 40 с.

3. Влияние скорости волочения на температуру и напряженно-деформационное состояние / Верещагин М.Н., Бобарькин Ю.Л. и др.//Сталь. 2007. №12. С. 53-59.
4. Тарасов С.Ю., Рубцов В.Е. Сдвиговая неустойчивость в подповерхностном слое материала при трении // Физика твердого тела. 2011. Т.53. Вып. 2. С. 336.
5. Столяров А.Ю., Харитонов В.А. Изменение микроструктуры и свойств поверхностного слоя проволоки при волочении в монолитных волокнах // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Магнитогорск, 2010. С. 60–63.
6. Панин В.Е., Панин А.В. Эффект поверхностного слоя в деформируемом твердом теле / Физическая мезомеханика. 2005. Т.8. № 5. С 7-15.

УДК 658.511

В.В. Елесина, Н.М. Локотунина

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ С ЦЕЛЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

***Аннотация.** Выполнен анализ концепций управления производственным предприятием, таких как «Шесть сигм», «Бережливое производство» и теория ограничений, а также управленческий подход – комплексное управление качеством. Проанализированы возможности их совместного применения.*

***Ключевые слова:** концепции управления, комплексное управление качеством, «Бережливое производство», теория ограничений, «Шесть сигм».*

В настоящее время существует множество концепций управления производственным предприятием. Практика показывает, что не существует стратегии, единой для всех компаний. В то же время есть ряд основополагающих моментов, которые позволяют говорить о некоторых обобщенных принципах осуществления управления.

Одними из наиболее распространенных концепций управления являются «Шесть сигм», «Бережливое производство» и теория ограничений, а также управленческий подход комплексное управление качеством (TQM).

TQM – это управленческий подход, сосредоточенный на организации как системе [1]. К преимуществам TQM следует отнести, прежде всего, повышение качества не только производимой фирмой продукции, но и организации процессов внутри фирмы.

Одним из недостатков TQM является достаточно большая стоимость внедрения. Кроме того, сильно увеличивается объем времени, затрачиваемого на управление, налаживание коммуникаций внутри организации, построение и поддержание новой корпоративной культуры. Также считается, что TQM требует введения новых стандартов, увеличивая формализованность.

«Шесть сигм» – это статистическая концепция измерения процесса в параметрах числа дефектов (статистическая основа для измерений: 3,4 дефекта на миллион возможных) [1].

Основные задачи: повышение удовлетворенности клиентов, сокращение времени операционного цикла, уменьшение числа дефектов.

Недостатки методологии: дороговизна обучения; эффективность только в компаниях с сильной директивной культурой; не предполагает изменения культуры организации и стиля управления.

Теория ограничений – методология менеджмента, в основе которой лежит нахождение и управление ключевым ограничением системы, которое предопределяет успех и эффективность всей системы в целом [2]. Основной особенностью является то, что делая усилия над управлением очень малым количеством аспектов системы, достигается эффект, намного превышающий результат одновременного воздействия на все или большинство проблемных областей системы сразу.

Самый значительный минус теории ограничений в том, что она не рассматривает дальнейшую перспективу. Ее задача – максимизировать так называемый «проход» – прибыль, получаемую с единицы товара.

«Бережливое производство» – концепция, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь.

Системы «бережливого производства» сфокусированы: на разумном сокращении размеров заказа на выпуск продукции, удовлетворяющей спрос при повышении ее качества; на постоянном повышении квалификации производственного персонала, охватывающем весь контингент; на снижении уровня запасов используемых ресурсов и обеспечении высокого стабильного качества продукции.

Недостатком является тот факт, что весь процесс разбивается на составные части, в каждой из которых реализуются отдельные улучшения, не всегда приводящие к общему эффекту.

Как можно заметить, каждой из концепций присущ ряд недостатков, для устранения которых в настоящее время используются совместные подходы к управлению производственным предприятием. Рассмотрим несколько из них.

«Шесть сигм» и «Бережливое управление» объединяет обоюдный интерес к отдельно взятому процессу. Именно это существенным образом отличает их от многих концепций, ориентированных на всеобщий охват, и роднит с концепциями нового поколения. Данные концепции идеально дополняют друг друга [3].

Польза от синтеза двух подходов TQM и «Бережливое производство» заключается в том, что в его рамках ниже риск превращения системы менеджмента качества в формальность, а «бережливого производства» – в эпизодические и малоэффективные попытки управлять скоростью и себестоимостью отдельных процессов [4].

Теория ограничений и «бережливое производство» являются системными методиками улучшения эффективности производства [5]. Но теория ограничений фокусируется на определении и устранении ограничений, которые уменьшают объем выпуска, а «бережливое производство» фокусируется на устранении неоправданных потерь в процессе производства.

Приведенные парные методологии позволяют учесть все достоинства каждой из концепций, при этом получая ощутимый финансовый эффект. Однако союз «TQM + Бережливое производство» не учитывает ограничения системы, а союзы «Шесть сигм + Бережливое производство» и «Теория ограничений + Бережливое производство» не учитывают использование обязательных документированных процедур, что может привести к неэффективному производству.

В связи с этим существует возможность использовать 3 концепции одновременно. Проанализировав концепции, можно сформулировать общую методологию их совместного использования, которая может быть реализована в четыре этапа [5]: определение ценности в соответствии с общими целями; выполнение карт потока создания ценности для определения мероприятий, добавляющих и не добавляющих ценность в данный процесс; определение «узких мест»; установка приоритетности мероприятий «бережливого производства», используя информацию об «узких местах», а затем выполнение бережливых событий, необходимых для достижения целей.

В рамках проделанной ранее работы было предложено в условиях ЛПЦ-8 ОАО «ММК» на участке гнутых профилей, с уже действующим подходом TQM, адаптировать теорию ограничений совместно с «бережливым производством».

Как показывает практика, на стане 1-5×300-1650 при получении профилей высокой жёсткости (ПВЖ) самыми распространёнными дефектами являются волнистость и несоответствие геометрических размеров [6].

Для анализа влияния оборудования, а именно профилегибочных валков, на качество ПВЖ были исследованы данные по учёту работы калибровки, а также по выходу несоответствующей продукции в течение разных периодов времени. Анализ показал, что после перевалки происходит значительное уменьшение количества дефектов прокатываемой продукции. В связи с этим предложено внедрение автоматизированной системы учета валкового хозяйства.

Система позволит автоматизировать процессы, связанные с учетом хранения, эксплуатации и ремонтов прокатных валков разных типов, минимизировать ручной ввод данных и обеспечить единое представление информации вводимой разными пользователями [7]. Это позволит упростить и предоставит возможность предотвращать дефекты путем своевременной перевалки.

На основе данной работы в дальнейшем возможен анализ совмещения четырёх концепций одновременно.

В заключении следует сказать, что выбор предприятием стратегии совершенства влечет за собой и необходимость тех или иных стратегических действий, направленных на достижение традиционных целей данной стратегии. В качестве них могут выступить различные системы, при этом выбор варианта зависит от особенности стратегии и обстоятельств её реализации.

Список литературы

1. Концепция «Шесть сигма». URL: <http://www.elitarium.ru/> (дата обращения 01.04.2016).
2. Goldratt E.M. What Is This Thing Called Theory of Constraints and How Should It Be Implemented? – North River Press, 1990.
3. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе: пер. с англ. / под ред. и с предисл. В.С. Катькало. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1997. 332 с.
4. Кандалинцев В.Г. Сбалансированная система показателей: путь к операционному совершенству // Методы менеджмента качества. 2006. №11.
5. Елесина В.В., Кулакова А.Е., Локотунина Н.М. Совместное использование концепции теории ограничений и «бережливого производства» с целью совершенствования системы менеджмента качества // Актуальные проблемы

- развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам НПК. Москва, 2014. Ч. III. С. 22-23.
6. Солодова Е.М., Шемшурова Н.Г., Локотунина Н.М. Пути улучшения потребительских свойств профиля обшивы грузового полувагона // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2008. №3. С. 38-41.
 7. Елесина В.В., Кулакова А.Е., Локотунина Н.М. Пути повышения качества профилей высокой жесткости, производимых в условиях ОАО «ММК» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцев. Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Т. 1. С. 119-123.

УДК 678.027.942-428

А.Ф. Нурмахмадов, А.Е. Гулин, М.А. Полякова

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН

***Аннотация.** Проведено исследование процесса электроформования полимерных волокон. Основными технологическими параметрами процесса являются электрическое напряжение, скорость подачи и концентрация полимера в растворителе. В качестве полимера использовали пенополистирол, в качестве растворителя — смесь ксилола и ацетона. Показано, что увеличение концентрации раствора способствует формированию более плотной и однородной формы волокон. В ходе экспериментов установлено, что морфология полимерных волокон зависит от скорости подачи полимера.*

***Ключевые слова:** электроформование, электрическое напряжение, скорость подачи раствора, концентрация, пенополистирол, ксилол, ацетон, средний диаметр, полимерные волокна, морфология.*

На сегодняшний день становится более популярным получение тонких волокон из раствора полимера методом электроформования (ЭФВ). Среди известных промышленных методов получения химических волокон и волокнистых структур на их основе электроформование нетканых волокнистых материалов (ЭФВ) занимает особое место, отличаясь аппаратурной простотой, высокой энергетической эффективностью, гибкостью технологического процесса и разнообразием продукции. По своему аппаратурному оформлению и характеру ЭФВ является сухим бесфильтренным методом, в котором деформация исходного полимерного раствора, последующий транспорт отверждаемых при испарении растворителя волокон и формирование волокнистого слоя осуществляется исключительно электрическими силами и в едином рабочем пространстве. Суть данного метода заключается в том, что под действием высокого электрического напряжения из раствора полимера образуются волокна, осаждающиеся на поверхность коллек-

тора. Под воздействием напряжения раствор полимера заряжается. Одноименно заряженные частицы за счет сил электростатического отталкивания располагаются на поверхности струи капилляра и направляются в сторону противоположно заряженного коллектора (рис. 1).

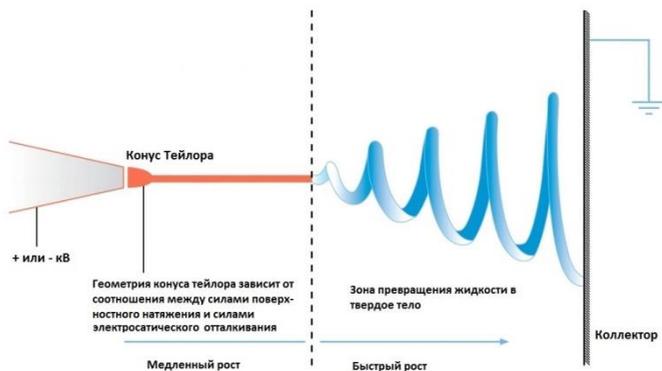


Рис. 1. Процесс электроформования волокон полимера

При прохождении раствора через капилляр на его кончике образуется конус, так называемый конус Тейлора. Геометрия конуса Тейлора зависит от соотношения между силами поверхностного натяжения и силами электростатического отталкивания.

При формировании такой первичной струи деформация прядильного раствора не является одноосным растяжением. Для такого вывода имеется по крайней мере три причины. Во-первых, струя имеет непрерывно спадающий по оси продольный профиль, и, следовательно, в ней обязательно имеет место как радиальная составляющая скорости жидкости, так и ее продольный градиент, то есть сдвиговое течение. Во-вторых, отсутствует приемное натяжное устройство. В третьих, действующие на заряженный раствор вдоль оси струи силы внешнего электрического поля в начальной и основной средней части струи малы по сравнению с нормальными к ее поверхности поперечными силами. Эти силы становятся существенными лишь вдали от начала струи, где процесс ее деформации уже практически завершен, а передать их вдоль оси струи обычно используемые в ЭФВ-процессе разбавленные полимерные растворы с невысокой вязкостью не способны [1].

На процесс ЭФВ влияет поверхностное натяжение раствора полимера, напряжение электрического поля, концентрация раствора, влажность атмосферы, температура и другие факторы.

Для выявления влияния технологических параметров процесса ЭФВ (напряжение электрического поля, скорость подачи раствора, концентрация раствора полимера) на морфологию получаемых волокон, была проведена серия экспериментов. В качестве полимера использовали пенополистирол, а в качестве растворителя - смесь ксилола и ацетона. Концентрация пенополистирола составляла 10,

15 и 20 % по массовой доле. Напряжение электрического поля изменяли от 22 до 30 кВ. На рис. 2 представлены фотографии полученных волокон.

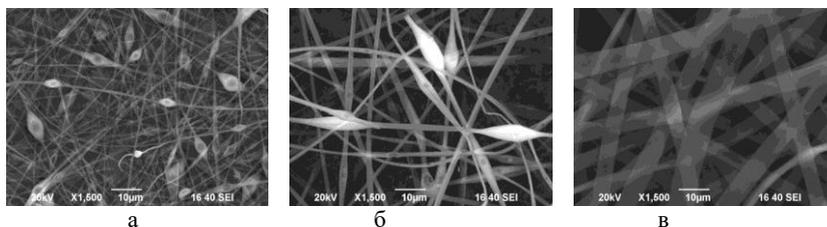


Рис.2. Морфология волокон пенополистирола в растворе смеси ксилола и ацетона при напряжении 22 кВ и концентрациях 10 % (а), 15 % (б) и 20 % (в), $\times 1500$

Было установлено, что увеличение концентрации раствора способствует формированию более плотной и однородной формы волокон. При низких концентрациях на некоторых участках волокон заметны каплевидные утолщения. При повышении напряжения происходит исчезновение неровностей, при этом наблюдается увеличение среднего диаметра волокна. Также скорость подачи раствора полимера сильно влияет на морфологию волокон. При высокой скорости подачи растворитель не успевает полностью испариться. Небольшое количество растворителя остается в образующихся волокнах, в результате чего волокна сливаются друг с другом. Кроме того, растягивание волокна полимера не происходит, что приводит к увеличению среднего диаметра волокон.

Список литературы

1. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ – процесс) / Ю.Н. Филатов. М., 2001. 231 с.
2. Басманов, П.И. Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова / П.И. Басманов, В.Н. Кириченко, Ю.Н. Филатов, Ю.Л. Юров // М., 2002. 193 с.

УДК [669.14:620.18]:621.778.1.01

Д.В. Грачев, М.А. Полякова, А.Е. Гулин

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГРАДИЕНТНЫХ СТРУКТУР В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ

Аннотация. В материаловедении термин *градиентные структуры* возник во второй половине XX века, когда началось интенсивное количественное изучение таких структур. Наличие количественных закономерностей, изменяющихся определенным образом по мере удаления от границ раздела различного типа, позволило обосновать необходимость введения термина «градиентные структуры» (градиентные структурно-фазовые состояния, ГСФС) для более полного определения

состояния материала. Цель настоящей работы является анализ существующих методов получения градиентных структур в металлах и сплавах.

Ключевые слова: радиально-сдвиговая протяжка, равноканальная угловая протяжка, комбинированный метод деформации растяжения, сжатия, изгиба и кручения, градиентная структура, разнoзернистость.

В настоящее время не существует точного определения понятия градиентные структуры. В данной работе предлагается деление градиентных структур на следующие группы.

1.1 Градиент по материалу

Градиент по материалу – это когда материал состоит из двух или более веществ. Градиент по материалу можно получить следующими методами:

- порошковая металлургия
- методы получения композиционных материалов

1.2 Градиент фазового состава

Градиент фазового состава – это когда в структуре содержатся различные фазы, но при этом фазы располагаются в объеме материала в определенных областях. Методы получения градиента фазового состава:

- цементация;
- электронно-пучковая обработка;
- ультразвуковая обработка поверхности;
- обработка ударными волнами

1.3 Градиент по размеру зерна

Градиент по размеру зерна – это материал в структуре которого одновременно содержатся в определенной зоне измельченные зерна, а в другой крупные зерна. Добиться градиента по размеру зерна можно следующими методами, которые разработаны нашей кафедрой:

- процессы обработки металлов давления
- методы интенсивной пластической деформации
- метод термической обработки

В настоящее время существует множество методов получения ультрамелкозернистой структуры в проволоке.

Одним из таких способов стала равноканальная угловая протяжка, заключающаяся в многократном протягивании проволоки через специально разработанный инструмент, имеющий 2 пересекающихся под углом канала (рис. 1).

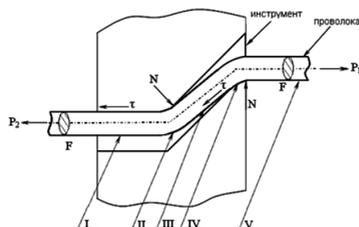


Рис. 1. Принципиальная схема процесса РКУ протяжки

Непрерывность обработки реализуется за счет последовательной установки на волочильном стане необходимого количества инструмента [1].

Комбинирование деформаций растяжения, сжатия, изгиба и кручения было использовано в непрерывном методе формирования ультрамелкозернистой структуры в углеродистой проволоке при волочении с кручением и изгибом (рис. 2) [2].

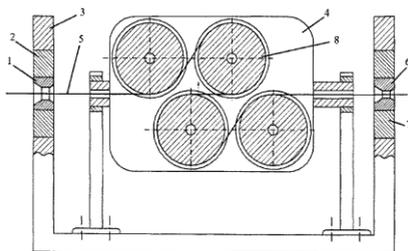


Рис. 2. Устройство для реализации непрерывного метода получения УМЗ проволоки

Такая схема приложения нагрузки способствует развороту зерен при их одновременной вытяжке [3]. В результате происходит дополнительный сдвиг зерен близкой ориентации вдоль их границ при одновременном их измельчении.

Одним из способов, позволяющих осуществлять одновременно линейную деформацию вытяжки и деформацию скручивания в одном очаге деформации, является радиально-сдвиговая прокатка (рис. 3) [4].

Проведенные исследования, показали, что в поверхностном слое заготовки происходит значительное измельчение структуры.

Таким образом, радиально-сдвиговая протяжка является эффективным способом получения проволоки с УМЗ структурой. Она не меняет сути используемого технологического процесса и может быть просто реализована на применяемом сегодня волочильном оборудовании [5]. Методы ИПД направлены на получения определенной структуры в крупногабаритных изделиях. С помощью этих методов можно получить градиентную структуру в металлах и сплавах. Например, на поверхности металлов и сплавов образуется ультрамелкозернистая структура, а от поверхности к центру проволоки размер зерен увеличивается.

В настоящее время требования к свойствам материалов с каждым годом увеличиваются, а прочность некоторых не достигает должного уровня и поэтому актуальной задачей является повышение прочности и усталости материалов для расширения областей применения и увеличения срока службы.

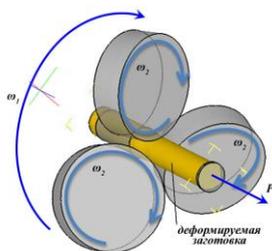


Рис. 3. Принципиальная схема РСПр

Так как эти методы направлены на получение определенных свойств с помощью преобразования структуры, а именно образования разнородности, то они должны идти по пути развития градиентных структур.

Список литературы

1. Харитонов, В.А. Состояние и направления развития непрерывных способов наноструктурирования круглой проволоки / В.А.Харитонов, М.Ю. Усанов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2013. № 3 (43). С. 69-73.
2. Совершенствование режимов деформации и инструмента при волочении круглой проволоки: монография / В. А. Харитонов, А. Ю. Манякин, М. В. Чукин и др. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 174 с.
3. Полякова, М.А. Разработка непрерывного метода деформационного наноструктурирования проволоки / М.А. Полякова, Э.М. Голубчик, А.Е. Гулин // Обработка сплошных и слоистых материалов: Сб. науч. тр. / под ред. М.В. Чукина. Магнитогорск, 2011. С. 39–45.
4. Гулин, А.Е. Проектирование процесса интенсивной пластической деформации проволоки / А.Е. Гулин, М.А. Полякова, С.Е. Носков // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении: сб. науч. тр. Екатеринбург: унив. тип. «Альфа Принт», 2013. С. 713–717.
5. Гулин, А.Е. Исследование влияния различных схем деформации на формирование структуры и механических свойств проволоки в ходе непрерывного метода деформационного наноструктурирования / А.Е. Гулин, М.А. Полякова // Инновационные процессы получения и обработки сплавов с ультрамелкозернистой структурой: материалы межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. С. 86–93.

УДК 621.81

А.В. Нефедов, И.Н. Бакотин

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ САМОХОДНОЙ ЧУГУНОВОЗНОЙ ТЕЛЕЖКИ АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Аннотация. Была обоснована возможность модернизации привода движения чугуновозной тележки в ЭСПЦ АО "Уральская Сталь" путем замены конструкции привода на мотор редуктор, что позволит снизить количество затрат на ремонт узла.

Ключевые слова: мотор-редуктор, чугуновоз, крепление.

Электросталеплавильному способу принадлежит ведущая роль в производстве качественной и высоколегированной стали. Благодаря ряду принципиальных особенностей этот способ приспособлен для получения разнообразного по составу высококачественного металла с низким содержанием серы, фосфора, кислоро-

да и других вредных или нежелательных примесей и высоким содержанием легирующих элементов, придающих стали особые свойства. [1]

Шихтовку плавок в ЭСПЦ АО «Уральская Сталь» производят в соответствии с технологической инструкцией ТИ 13657842-СТ.ЭС-15 «Организация приемки и загрузки металлелома в дуговую электропечь в ЭСПЦ».

Самоходная опрокидывающаяся тележка чугуновоза предназначена для приема чугуновозного ковша с жидким чугуном (от 50 до 55 т на одну заливку в дуговую сталеплавильную печь (ДСП-120), его транспортировки к печи по рельсам, и подачи жидкого чугуна через жёлоб на ДСП-120. После этого порожний ковш откатывается в исходное положение, и тележка занимает исходное положение.

Актуальность предлагаемой модернизации обуславливает критический износ узла привода, приводящий к большому количеству простоев вследствие его поломки, а также устаревание конструкции, что делает нецелесообразным её капитальный ремонт. [2] В настоящий момент привод представляет собой двигатель МТН 112-6, редуктор ВКУ-765М-63-У2 и тормоз ТК 200.

В качестве гипотезы были приняты предположения, что модернизация конструкции позволит: значительно уменьшить количество простоев (или вообще избавиться от них), и в будущем сократить время ремонта за счет упрощения конструкции.

Целью работы было предложить современную конструкцию привода тележки чугуновоза.

Для проверки гипотезы и реализации цели были поставлены следующие задачи: рассчитать требуемую мощность привода и исходя из нее выбрать необходимый мотор-редуктор; рассчитать и выбрать муфту, соединяющую вал двигателя с валом ходового колеса; провести экономические расчеты, обосновывающие целесообразность модернизации; выполнить чертежи конструкции крепления привода на чугуновозе.

Чугуновозная тележка выполнена из сварной стальной конструкции, которая состоит из нескольких узлов, основным из которых является рама тележки. Рама представляет из себя коробчатую сварную конструкцию с 2-мя продольными и 2-мя поперечными балками. К раме тележки крепятся 2 ходовых колеса, и 2 ведущих колеса с индивидуальным приводом. На двух торцовых сторонах закреплены 2 буфера и 2 рельсоочистителя.

С целью унификации предлагаем заменить изношенные колеса на стандартные колеса, применяемые повсеместно на предприятии с диаметром 900мм. [3]

Получив все исходные данные нами определено сопротивление продвижению, которое составило 213кН. Исходя из этого определена мощность двигателя, необходимая для преодоления сопротивлений передвижению, которая составила 47,33кВт. Соответственно выбираем мотор-редуктор компании НТЦ «Редуктор» 6МЦ2С-137ЕS мощностью двигателя 48 кВт, комплектующийся встроенным тормозом (рис. 1) с частотой оборотов 150 мин⁻¹ [4].

Определив крутящий момент на валу редуктора (3056 Нм) для соединения валов ведущих колёс применяем зубчатую муфту МЗ 5 ГОСТ 5006-55. Проверка муфты по крутящему моменту, показала значение равное 4584 Нм, что удовлетворяет нашим условиям, т.к. номинальный крутящий момент, передаваемый муфтой равен 5000 Нм. Общий вид модернизированного привода представлен на рис. 2.

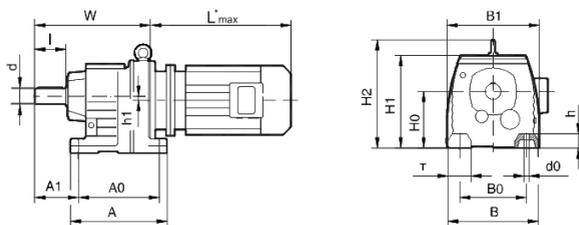


Рис. 1. Мотор-редуктор

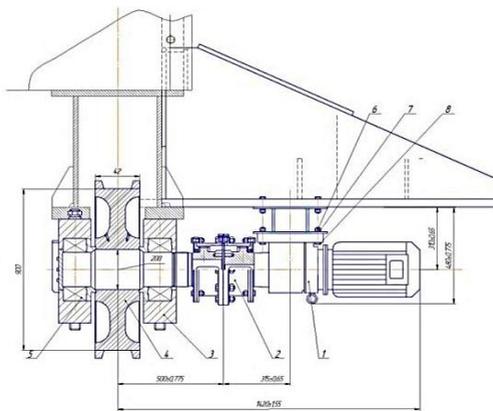


Рис. 2. Общий вид привода тележки чугуновоза

Для крепления элементов привода была разработана конструкция (рис. 3) из двух листов и двух полос стали марки ст3сп, соединенных между собой сварным тавровым соединением и крепящимися болтовым соединением к лапам мотор-редуктора с одной стороны и конструкции тележки с другой (болты М24). [5,6]

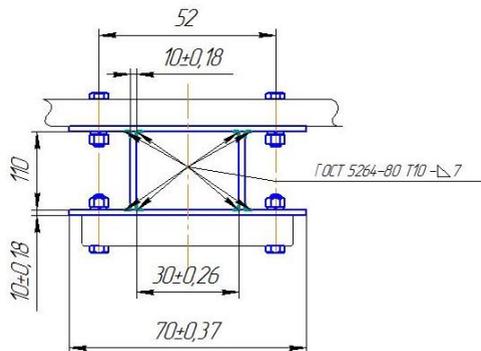


Рис. 3. Конструкция крепления привода

Для реализации проекта необходимы капитальные вложения в 207000 руб. Часть расходов предлагается покрыть ликвидировав предыдущий привод – 97500 руб. Общий объем необходимых капитальных вложений по проекту составит 109500 руб.

Эффект от внедрения проекта будет получен за счет простоты обслуживания оборудования, сокращения времени на проведение ремонтов, а годовой экономический эффект от реконструкции составит 949,3 тыс. руб. Срок окупаемости проекта составляет 1,4 месяцев.

Важно отметить, что реализация этого проекта не требует больших затрат, только мотор-редуктор придется приобрести на стороне, все остальное выполняется силами ремонтного завода предприятия, следовательно, его внедрение возможно в условиях АО «Уральская Сталь».

Список литературы

1. Разработка элементов приёмной камеры промежуточного ковша слябовой МНЛЗ / Вдовин К.Н., Мельничук Е.А, Нефедов А.В., Точилкин В.В. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2014. № 3. С. 23-27.
2. Горбатьюк С.М., Чиченев Н.А., Нефедов А.В. Оценка общей эффективности оборудования // Сталь. 2014. № 3. С. 64-68.
3. Кадошников В.И., Иванов С.А., Кадошникова И.Д. Анализ работы колесных пар подвижного состава с целью создания модели износа и прогнозирования интенсивности износа их бандажей // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Т.2. С. 148-151.
4. Баранов Е.Г., Харитонов Д.В., Давыдкин М.Н. Электропривод в современном эко-транспорте // Наука и производство Урала. 2012. №8. С. 168-171.
5. Особенности проектной оценки долговечности деталей машин в условиях много-малоциклового усталости / Анцупов (мл) А.В., Анцупов А.В., Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Русанов В.А. // Механическое оборудование металлургических заводов. 2014. №3. С. 40-47.
6. Методология аналитической оценки надежности технических объектов / Анцупов (мл) А.В., Анцупов А.В., Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Овсов А.М. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Т.2. С. 141-144.

Д.Н. Чикишев

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОЛЕГИРОВАННЫХ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ, СТАЛЬНЫХ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ И ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. Рассмотрена металлургическая концепция технологической системы «Стальной толстый лист – трубы большого диаметра (СТЛ-ТБД)». Описана проблема реализации ресурсосберегающих технологий в данной системе. Разработан методологический подход комплексного совершенствования системы «СТЛ-ТБД». Представлена производственно-технологическая структура системы в виде трёхэтажной иерархической конструкции, включающая интеллектуальную и производственную ступени. Построен аппарат математических и физических моделей, с помощью которых решён ряд актуальных научно-производственных задач и получен комплекс новых технических и технологических решений для материало-, металло- и энергосбережения в системе «СТЛ-ТБД».

Ключевые слова: микрولهгированная сталь, толстый лист, труба большого диаметра, технологическая система, металлургическая концепция, ресурсосберегающая технология, методологический подход, интеллектуальная ступень.

Наиболее эффективным способом решения сложных научно-производственных задач является применение системного подхода. Он позволяет гармонично увязать в единую технологическую схему такие операции, процессы и производственные комплексы, которые, на первый взгляд, могут показаться независимыми друг от друга как по характеру производимых изделий, так и в аспекте их географической привязки (например, существенной удалённости друг от друга). С помощью системного подхода указанные объекты анализируются через призму их взаимосвязей, что ориентирует исследователя на поиск новых технологических решений комплексного характера, неочевидных при локальном рассмотрении.

Довольно часто при проведении подобного рода исследований сталкиваются с проблемами обоснованного выбора или разработки необходимого интеллектуального инструментария – пакета моделей, алгоритмов, методик, программ и т.д., позволяющих выполнять анализ и синтез новых элементов технологических систем. Для этого разрабатываются соответствующие методологические подходы, формирующие указанные компоненты. Такие подходы могут обладать принципами универсальности и адаптации к определённым группам технологических, производственных и научных проблем, в том числе и к возникающим системным задачам [1].

Одним из актуальных и масштабных научно-технических направлений является совершенствование сложной технологической системы, объединяющей производство микрولهгированных трубных сталей, стальных толстых листов (СТЛ) и труб большого диаметра (ТБД). Несмотря на некоторый прогнозируемый спад

общих объемов производства в металлургической промышленности, сектор производства СТЛ и ТБД проявляет стабильность благодаря планомерному развитию топливно-энергетического комплекса. Растущая потребность в высококачественных ТБД вынуждает разрабатывать уникальные марки стали, развивать технологии производства СТЛ для достижения требуемого комплекса механических и специальных эксплуатационных свойств готовой продукции [2].

Ключевые направления такого развития связаны с дальнейшим повышением прочности материала, применением уникальных композиций легирования, обеспечением высокой чистоты стали по примесным элементам и т.д., что сопровождается повышением стоимости материалов и изделий. Поэтому особую значимость приобретают проблемы разработки и внедрения эффективных материало-, металло- и энергосберегающих технологий. Такой подход не может быть реализован без системного анализа влияния химической композиции стали, различных схем деформационно-термической обработки, упруго-пластической формовки и других технологических процессов на характеристики получаемых изделий. В этих условиях технологическую систему «СТЛ-ТБД» удобнее исследовать как металлургическую концепцию получения микролегированных трубных сталей, СТЛ и ТБД для нефтегазового комплекса.

На первом этапе в данной системе реализуются технологии производства стали и непрерывнолитых слывов, где формируется композиция химического состава стали, макроструктура слыва и т.д. При термомеханической обработке полочной слывовой заготовки обеспечиваются предвратительные механические, геометрические и специальные свойства СТЛ, а эксплуатационные характеристики готовой продукции достигаются на этапе производства ТБД.

Отсутствие оптимальной структуры рассматриваемой системы не позволяет максимально эффективно задействовать имеющееся оборудование технологических комплексов, скоординировать межцеховое взаимодействие, грамотно спланировать последовательность и характер обработки заготовки и полуфабриката и т.п. В этом случае сложность создания и реализации ресурсосберегающих технологий часто состоит в том, что улучшение одного технологического параметра, как правило, ограничено ухудшением другого. При этом ухудшается эффективность такой реализации, что выливается в научно-техническую проблему комплексного материало-, металло и энергосбережения.

Для решения указанной проблемы разработан методологический подход комплексного совершенствования технологической системы «СТЛ-ТБД». Он основан на принципе реструктуризации технологической системы с представлением её производственно-технологической структуры в виде «трехэтажной» иерархической конструкции. В свою очередь декомпозиция этажей приводит к их двуступенчатой структуре, повторяемость которой позволяет сформировать рассматриваемую иерархию в виде производственно-технологических модулей.

Проявление многоэтажной структуры состоит в усложнении управления и решаемых задач при подъеме от этажа к этажу, усилении и развитии интеллектуальной составляющей (интеллектуальных модулей) технологических подсистем. На первых ступенях каждого этажа реализуются производственно-технологические структуры – функциональные физические модули во взаимодействии оборудования и персонала. На вторых ступенях размещается интеллект

туальное обеспечение (интеллектуальные модули), сложность которых также нарастает от этажа к этажу.

Первый этаж данной структуры представляет собой уровень отдельных производственных агрегатов и механизмов. На этом этаже реализуются производственные и технологические операции и процессы. Интеллектуальная составляющая обеспечивает текущую работу отдельных производственных агрегатов и реализуется с помощью пакета инструкций, указаний, схем и т.п.

Второй этаж является уровнем технологических подсистем, выполняющих более сложные производственные операции в масштабах отделений и участков цеха. Интеллектуальный модуль этого уровня связан с разработкой моделей, алгоритмов и программ, методик и способов согласованного управления производственными участками и отделениями, моделированием и определением оптимальных режимов их работы.

И, наконец, третий этаж подразумевает наиболее мощный уровень оснащения производства техническими объектами – крупными производственными комплексами со своей инфраструктурой. Здесь осуществляется эффективное управление технологическими системами на уровне группы смежных цехов. Интеллектуальный модуль на высшем уровне представляет собой эффективную методологию формирования системных характеристик технологического комплекса, анализа и синтеза этих характеристик и, в конечном счете, достижения требуемого уровня свойств и признаков выпускаемой продукции.

В результате появляется представление крупного производства как агрегатов и их комплексов в совокупности с мощной интеллектуальной частью в виде вторых ступеней каждого этажа. Её функционирование сводится к эффективной работе с группами системных характеристик, которые определяются сущностью и задачами функционирования технологической системы.

Представленная сущность построения методологии достижения требуемого уровня свойств и признаков выпускаемой продукции успешно применена для комплексного совершенствования технологической системы «СТЛ-ТБД» с реализацией принципа эффективного ресурсосбережения, направленного на достижение гарантированных показателей качества готовой продукции при минимальных затратах производства в условиях большого количества возмущающих воздействий, многофакторности и взаимозависимости технологических процессов.

Список литературы

1. Развитие теории и технологии инновационных процессов прокатного производства / В.М. Салганик, Д.Н. Чикишев, С.В. Денисов, П.П. Полецков, М.И. Румянцев, Г.А. Куницын // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова, 2014. №1. С. 48-51.
2. Чикишев Д.Н. Разработка и применение методологии комплексного совершенствования технологической системы «Стальной толстый лист – трубы большого диаметра» // Труды X конгресса прокатчиков (том II). Сборник статей. М.: «ВАШ ФОРМАТ», 2015. С. 259-265.

А.А. Пешкова, М.А. Полякова, А.Е. Гулин

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОВОЛОКОН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

Аннотация. Показано, что создание нанокomпозиционных материалов является перспективным направлением получения необходимого комплекса эксплуатационных свойств деталей различного применения. Рассмотрены особенности получения нановолокон методом электроформования. Проведен анализ факторов, определяющих эффективность формирования нановолокна. В статье представлены основные типы растворителей, применяемых при электроформовании. Отмечаются особенности применения как однокомпонентных растворителей, так и их смесей.

Ключевые слова: нановолокно, электроформование, полимер, растворитель

В настоящее время существует класс материалов – композиционные материалы, структура которых состоит из матрицы и наполнителя. Современным направлением развития композиционных материалов является создание нанокomпозиционных материалов, которые отличаются от традиционных композиционных материалов введением наноразмерных частиц (наполнителей) в структурообразующую твердую фазу (матрицу) [1].

Нанокomпозиты используются в различных промышленных отраслях, например: для выращивания искусственных костных имплантатов, для изготовления различных сенсоров; для повышения огнеупорности, жаропрочности и износостойкости различных деталей [2].

Любой процесс получения нановолокон включает три обязательные стадии:

- перевод формуемого материала в вязко-текучее состояние;
- формование волокон;
- отверждение волокон.

В настоящее время разработано несколько способов формования нановолокон. Одним из способов является метод электроформования, представленный на рисунке. Метод электроформования, заключается в том, что под действием электростатического поля происходит вытягивание нитей полимера из раствора и их осаждение на подложке. Возможность осуществления и результат ЭФВ-процесса определяют следующие факторы: целевой выбор сырья, состав и свойства формовочного раствора, технические характеристики оборудования, технологические режимы [3].

Наиболее значимые факторы, влияющие на конечный результат процесса электроформования и характеристики получаемых волокон можно разбить на 3 группы:

1) Свойства полимерного раствора или расплава. Наибольшее влияние на процесс электроформования волокон оказывают: поверхностное натяжение, вязкость, молекулярная масса полимера, концентрация формовочного раствора, его электропроводность, диэлектрическая константа растворителя, его летучесть и термодинамические свойства.

2) Технологические параметры процесса электроформования. Эта группа параметров оказывает менее выраженное влияние, чем первая. К ним относят несколько факторов, оказывающих влияние на струю формируемого полимера: напряжённость поля, температура раствора или расплава, тип осадительного электрода (коллектора) и расстояние между формовочным электродом и коллектором.

3) Параметры окружающей среды: влажность, тип атмосферы. Влияние этой группы параметров на процесс электроформования изучено менее всего [4].



Схема получения нановолокон полимеров методом электроформования

В данной работе проведен анализ растворителей, применяемых в электроформовании.

Поскольку получение волокон основано на удалении растворителя из волокна, для переработки растворов методом электроформования используются в основном органические растворители, а также другие легколетучие растворители (например, муравьиная кислота, уксусная кислота и др.), представленные в таблице [3 - 5]. В связи с этим важной особенностью процесса электроформования является выбор растворителя, важными требованиями которого являются способность растворить полимер; быстрое испарение в диапазоне температур кипения растворителя от 50 до 120°C; растворитель должен находиться в вязко-текучем состоянии.

Растворители, применяемые в электроформовании

Типы растворителей	Электропроводность, См/м	Коэффициент поверхностного натяжения, Н/м	Полимеры
Ацетон	$5,8 \cdot 10^{-8}$	0,023	Перхлорвиниловая смола, пироксилин, ПВДФ, поливинилацетат
Диметилформамид	$1,33 \cdot 10^{-6}$	0,036	Декстран, полиарилид, полиуретан, поликарбонат, полиалкилметакрилат, ПВДФ, политрифторстирол [6,7]

Типы растворителей	Электропроводность, См/м	Коэффициент поверхностного натяжения, Н/м	Полимеры
Метанол	$1,5 \cdot 10^{-9}$	0,023	Поливинилацетат, поликапролактон
Толуол	$1,4 \cdot 10^{-14}$	0,029	Полиалкилметакрилат
Хлороформ	$<1 \cdot 10^{-10}$	0,027	Полиарилат, полилактид, полифосфазен [8]
Этанол	$1,35 \cdot 10^{-9}$	0,022	Поливинилбутираль, поливинилпирролидон, политрифторстирол [9]
Этилацетат	$3 \cdot 10^{-9}$	0,024	Полилактид, полистирол, ацетобутират [7,10]

Для переработки некоторых полимеров или смесей полимеров методом электроформования используют и смеси растворителей. Но это усложняет процесс, так как изменяются параметры формовочного раствора: вязкость, поверхностное натяжение, электропроводность, диэлектрическая проницаемость. Поэтому наиболее часто при электроформовании применяется однокомпонентный растворитель.

Список литературы

1. <http://medznate.ru/docs/index-82417.html> Гороховский А.В. Композитные наноматериалы. 2008. (Дата обращения 02.04.2016 г.)
2. <http://ezkm.ru/nanokompozityi> (Дата обращения 03.04.2016 г.)
3. Матвеев А.Т., Афанасов И.М. Получение нановолокон методом электроформования: учеб. пособие для студентов. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. 83 с.
4. Матюшкин А.Н. Исследование процесса бескапиллярного электроформования материалов с повышенной гидрофобностью: дис. ... канд. техн. наук. М.: МГУ дизайна и технологии, 2014. 172 с.
5. Филатов Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ–процесс) / под ред. В.Н. Кириченко. М.: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 2001. 231 с.
6. Fashandi H., Karimi M. Pore formation in polystyrene fiber by superimposing temperature and relative humidity of electrospinning atmosphere // Polymer. 2012. V. 53. № 25. P. 5832–5849.
7. Sawada K., Sakai S., Taya M. Enhanced productivity of electrospun polyvinyl alcohol nanofibrous mats using aqueous N,N-dimethylformamide solution and their application to lipase-immobilizing membrane-shaped catalysts // Journal of Bioscience and Bioengineering. 2012. V. 114. № 2. P. 204–208.
8. Луканина К. И., Шепелев А.Д., Будыка А.К. Получение сверхтонких волокон из L- и D,L-изомеров полилактида методом электроформования // Химические волокна. 2011. № 5. С. 8–13.
9. Forward K.M., Rutledge G.C. Free surface electrospinning from a wire electrode // Chemical Engineering Journal. 2012. V. 183. P. 492–503.

10. Effect of solvents on electro-spinnability of polystyrene solutions and morphological appearance of resulting electrospun polystyrene fibers / Jarusuwannapoom T., Hongrojjanawiwat W., Jitjaicham S., Wannatong L., Nithitanakul M. // European Polymer Journal. – 2005. V. 41. № 3. P. 409–421.

УДК 669.162.261.3

С.К. Сибатуллин, А.С. Харченко

ДЕЙСТВИЕ РЕЖИМОВ ЗАГРУЗКИ КОМПОНЕНТОВ ШИХТЫ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ НА ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Аннотация. Исследовали действие матрицы загрузки на величину тепловых нагрузок системы охлаждения доменной печи № 9 ОАО «ММК», оснащенной компактным БЗУ лоткового типа. В анализируемых периодах длительностью от 195 до 219 суток доля железорудного материала и кокса, поступающих на станции углового положения лотка № 9-11 матрицы загрузки, была в интервале соответственно от 29,2 до 35% и от 0 до 5,1% от их расхода. В результате установили, что уменьшение доли рудной части шихты в периферийной зоне печи на 1% от ее расхода сопровождалось снижением средней температуры холодильников шахты на 1,1 °С.

Ключевые слова: доменная печь, режим загрузки, неофлюсованные окатыши, тепловые нагрузки, система охлаждения.

Использование неофлюсованных окатышей в шихте доменных печей ОАО «ММК» обусловлено недостаточной производительностью агломерационных машин. В среднем их доля в железорудной части шихты находится в интервале от 30 до 35% [1]. В периоды ремонта аглофабрик доля окатышей достигает 50% и выше. Длительное действие повышенной доли неофлюсованных окатышей отрицательно сказывается на стойкости гарнисажа и футеровки печи. Так, на доменных печах ОАО «ММК» в 1972 г. переход от офлюсованных доломитом окатышей к неофлюсованным, привел к массовому выходу из строя холодильников шахты, распара и моратора [2,3]. В этот же период еще быстрее изнашивались огнеупорная кладка и холодильники доменной печи № 4 ОАО «Носта» (ОХМК) при использовании в составе шихты неофлюсованных окатышей Лебединского месторождения [4].

В современных условиях работы доменных печей ОАО «ММК» при повышении доли окатышей наблюдаются такие же проблемы, как и 40 лет назад. Например, увеличение доли окатышей на доменной печи № 2 ОАО «ММК» до 60% обеспечило ускоренное удаление цинковой настывли, располагавшейся в верхней части шахты, но и привело к преждевременному выходу из строя холодильников моратора.

Исследователи указывают разные причины ускоренного износа кладки печи и преждевременного выхода из строя холодильников. К ним относятся:

– растянутая зона шлакообразования;

- повышенная напряженность работы печи:
- повышенное боковое давление шихты на футеровку;
- отсутствие в технологии доменной плавки составляющих, направленных на формирование гарнисажа.

Формирование гарнисажа может обеспечиваться использованием дополнительных материалов [5,6], воздействием на свойства имеющихся компонентов шихты [4,7] и воздействием на ход процессов вблизи футеровки. В компонентах шихты имеет существенное значение гранулометрический состав, холодная и горячая прочность агломерата [8,9], а в процессах – ход восстановления железа из оксидов по высоте печи [10].

В направлении понижения величины тепловых нагрузок системы охлаждения шахты, распара и заплечиков при использовании нефлюсованных окатышей может действовать работа печи на повышенном перепаде давления газов за счет увеличения давления горячего дутья [11-13], установление рационального режима загрузки шихтовых материалов в печь [14-15].

Опускание шихты в печи под действием силы тяжести, преодолевая силы, действующие в противоположном направлении (подъёмная сила газового потока, силы трения и др.), предопределяет необходимость создания условий для уменьшения силы трения шихтовых материалов о футеровку печи, снижения вероятности формирования настыва в шахте, улучшения режима формирования гарнисажа. Повышение газопроницаемости периферийной зоны для этого увеличением доли кокса в ней, кроме снижения потерь газа в области противоточного движения твёрдых материалов и газов, обеспечивает создание периферийного коксового окна в зоне когезии, повышенный прогрев периферии горна печи, улучшенные условия для продвижения продуктов плавки к лёткам.

Таким образом, выявление оптимального распределения шихтовых материалов на колошнике доменной печи может решить проблему ускоренного износа кладки и системы охлаждения печи.

В связи с этим на доменной печи № 9 ОАО «ММК», оснащенной компактным бесконусным загрузочным устройством лоткового типа, изучили влияние вида матрицы загрузки на изменение тепловых нагрузок системы охлаждения шахты. Для этого исследовали два периода с максимальными и минимальными температурами холодильников шахты. Среднее содержание окатышей в исследуемые периоды составляла 33%.

Содержание материалов, поступающих в колошниковое пространство печи со станций углового положения лотка по всем видам матриц, была следующей, %:

Номер станции	Кокс										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Период № 1	0	0,4	4,7	13,5	15,8	18,9	18	17,3	6,7	4,6	0
Период № 2	0	0	0	12,9	16,2	22,6	19,3	19,3	6,5	3,2	0
Номер станции	Железорудные материалы										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Период № 1	0,2	12,2	16,8	12,9	14,9	14,1	13,4	10,7	4,9	0	0
Период № 2	0	17,6	17,4	9,5	10,9	11,4	12,1	12,8	8,2	0	0

В периоде 2, охватывающего 195 суток работы печи, по сравнению с периодом 1 (219 суток) наблюдали увеличение рудной нагрузки на периферии при понижении ее в зоне рудного гребня. Это обеспечили увеличением содержания рудной части шихты от 29,2 до 35,1%, поступающих на колошник со станций № 9-11 при понижении содержания кокса от 5,1 до 0%. На станциях № 6-8 углового положения лотка снижали рудную составляющую от 41,8 до 31,7% и увеличивали содержание кокса от 48,2 до 51,7%. Температуры холодильников в периоде 1 изменялись в пределах от 21 до 35 °С. Средняя температура составляла 28 °С. Параметры работы печи в периоде 2 обеспечивали средние температуры холодильников шахты в интервале 50-95 °С. Средняя температура была равна 61 °С.

Таким образом, применительно к условиям работы доменных печей ОАО «ММК» установили рациональный режим загрузки материалов в печь, обеспечивающий уменьшение тепловых нагрузок на систему охлаждения печи. Выявили, что уменьшение содержания железорудной части шихты, поступающей в колошниковое пространство печи со станций № 9-11 углового положения лотка, на 1% от ее расхода по всем станциям сопровождалось снижением средней температуры холодильников шахты на 1,1 °С.

Список литературы

1. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Выявление рациональной последовательности набора компонентов сырья в бункер БЗУ лоткового типа физическим моделированием // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. №3. С. 28–34.
2. Опыт применения неофлюсованных окатышей ССГОК в шихте доменных печей ММК / Новиков В.С., Бабарыкин Н.Н., Крюков Н.М. и др. // Производство чугуна. Свердловск: УПИ. 1976. С. 84 – 93.
3. Бабарыкин Н.Н., Горбунов Г.В., Марсуверский Б.А. Использование неофлюсованных окатышей для выплавки чугуна // Информация института “Черметинформация” // Сер. “Производство чугуна”. Вып. 2. М.: Черметинформация. 1980. 19 с.
4. Исследование причин износа кладки и системы охлаждения доменной печи № 4 объемом 2000 м³ ОХМК / Рогов М.В., Сибатуллин С.К., Гуляев Г.М. и др. // Бюллетень НТИ. Черная металлургия. 1990. № 2. С. 53-54.
5. Терентьев А.В., Сибатуллин С.К., Мавров А.Л. Формирование титанистого гарнисажа в доменной печи // Известия вузов. Чёрная металлургия. 2004. № 7. С. 15.
6. Формирование карбидного гарнисажа на футеровке горна доменной печи / Нефёдов С.Н., Терентьев В.Л., Сибатуллин С.К. и др. // Чёрные металлы. 2002. № 1. С. 5 – 7.
7. Горбунов Г.В., Бабарыкин Н.Н. Строение и состав гарнисажа доменных печей ММК // Производство чугуна. Свердловск: УПИ. 1980. С. 111 – 124.
8. Применение органических связующих компонентов в процессе агломерации железорудного сырья / Сибатуллин С.К., Иванов А.В., Решетова И.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 4. С. 30-32.
9. Производство агломерата при снижении в шихте доли концентрата ССПО и аглоруды Михайловского ГОКа в условиях ОАО «ММК» / Сибатуллин

- С.К., Сенькин К.В., Гибадуллин М.Ф., Гостенин В.А., Некеров В.Д. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 4 (12). С. 9-10.
10. Сибатуллин С.К. Оптимальная степень прямого восстановления железа из оксидов // Сталь. 1997. № 4. С. 1-5.
 11. Сибатуллин С.К., Майорова Т.В. К расчету показателей хода доменного процесса при повышенном общем перепаде давления газов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. № 3. С. 16-18.
 12. Сибатуллин С.К., Майорова Т.В. Увеличение работы газового потока в доменной печи с повышением общего перепада давления по высоте // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. № 1. С. 14-16.
 13. Сибатуллин С.К., Майорова Т.В., Полинов А.А. О влиянии изменения параметров состояния газа на величину его работы в доменной печи // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2007. № 4. С. 34-37.
 14. Сибатуллин С.К., Теплых Е.О., Харченко А.С. Влияние последовательности загрузки компонентов шихты в бункер БЗУ на равномерность их поступления в колошниковое пространство доменной печи // Теория и технология металлургического производства. 2011. № 11. с. 12-16.
 15. Сибатуллин С.К., Харченко А.С. Использование коксового орешка на доменных печах. Магнитогорск, 2014.

УДК 621.771.014

В.А. Некит, С.Д. Ерофеев

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИАЛЬНОГО СЖАТИЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ

Аннотация. *Представлена динамическая модель упругого сжатия поверхности прокатных валков, в качестве теоретического аналога рассматривается задача импульсного воздействия на упругую среду. На основе теоретических расчетов установлено, что при больших скоростях прокатки активное радиальное сжатие продолжается преимущественно после выхода полосы за пределы зоны контакта валков с полосой*

Ключевые слова: *холодная прокатка, динамика, радиальное сжатие, сплющивание.*

Упругое сжатие (сплющивание) прокатных валков оказывает существенное влияние на точность теоретических расчетов технологических параметров прокатки. Методом теоретической оценки этой величины и ее практическим и экспериментальным исследованиям посвящено большое количество работ [1-6]. В большинстве применяемых методов используются теоретические уравнения контактных напряжений и деформаций Г. Герца в интерпретации Д. Хичкока для

определения деформированной длины дуги захвата L_c с использованием последовательного приближения для учета влияния величины усилия прокатки на конечный результат:

$$L_c = \sqrt{\Delta h \cdot R + x^2} + x,$$

где Δh – абсолютное обжатие;

R – радиус валков;

x – параметр сплющивания.

При исследовании процессов холодной прокатки тонких полос, в условиях действия больших контактных давлений величина упругого сжатия поверхности рабочих валков, а, следовательно, и приращение длины очага пластической деформации может стать достаточно большим и превысить размер длины очага деформации. При этом часто возникает значительное несоответствие между теоретическими расчетами и практическими результатами [5].

Все известные методы теоретического расчета и экспериментальные исследования [6-11] упругого сжатия прокатных валков имеют одно существенное допущение, не имеющее должной оценки погрешности принятой модели. Они представляют собой решение статической контактной задачи: предполагается, что очаг пластической деформации полосы и соответственно зона упругого сжатия прокатных валков неподвижны. В действительности имеет место квазистатическое состояние деформирующихся участков: зона упругого сжатия прокатных валков перемещается вдоль поверхности валка со скоростью близкой к скорости движения свободных концов полосы (2-50м/сек).

В представленной работе рассмотрена динамическая модель упругого сжатия поверхности прокатных валков, в качестве теоретического аналога рассматривается задача импульсного воздействия на упругую среду. Предлагается оценивать длительность воздействия импульса нагрузки временем прохождения очага пластической деформации между рабочими валками.

Основу динамической модели составляют уравнение движения упругой системы и характеристики упругих свойств и массы прокатных валков и прокатной клетки. Контактную жесткость рабочего валка при сжатии цилиндра на упругой плоскости можно определить в соответствии с моделью Г. Герца. Полуширина поверхности давления будет:

$$b = 1.522 \sqrt{\frac{pR}{E}},$$

где p – интенсивность равномерно распределенной нагрузки;

R – радиус рабочего валка;

E – модуль упругости валка.

Высота сегмента с основанием $2b$:

$$h = R - \sqrt{R^2 - 4b^2}.$$

Контактная жесткость определится

$$c = \frac{\rho L_c}{h}.$$

В соответствии с принятой моделью упругого сжатия контактная жесткость представляет собой константу, не зависящую ни от усилия сжатия, ни от радиуса цилиндра (валка) $c = 1,947 \cdot 10^{11}$ Н/мм. Реально в прокатной клети имеет место последовательное соединение ряда жесткостей: контактная жесткость при сжатии рабочего и опорного валков, изгибная жесткость системы валков, станины и др. элементов. В упрощенной модели за массу можно принять массу станины или ее часть.

В одномассовой модели собственная частота механической системы будет

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}.$$

Уравнение движения одномассовой модели, нагруженной импульсной нагрузкой, будет [6]

$$\frac{d^2 \rho}{dt^2} + \omega^2 \rho = \frac{P(t)}{m},$$

где $P(t)$ – интенсивность импульсной нагрузки (кусочная функция);
 ρ – радиальное перемещение точек поверхности валка .

В таблице представлены результаты расчета динамических характеристик прокатной клети пятиклетевого стана холодной прокатки для двух проходов. Механическая модель принята одномассовой с упругой связью равной контактной жесткости рабочего валка. Масса механической системы $m = 100$ т.

Динамические характеристики упругой системы рабочей клети

	Наименование параметра	1 проход	5 проход
1	Диаметр валков D мм	625	625
2	Начальная толщина H мм	2	0,45
3	Конечная толщина h мм	1,19	0,4
4	Длина очага деформации L мм	15,9	3,95
5	Скорость прокатки v м/сек	9	26,7
6	Длительность импульса нагружения мксек	1,77	0,15
7	Ширина площадки сжатия 2b мм	17	17
8	Собственная частота t сек ⁻¹	1,7 · 10 ¹¹	1,7 · 10 ¹¹
9	Собственный период T мксек	4,8	4,8
10	Отношение t / T	0,37	0,031

Результаты расчета показывают, что в первом проходе величина упругого сжатия валка (ширина поверхности контакта $2b$ по Герцу) практически равна длине очага деформации без учета упругого сжатия. В пятом проходе величина $2b$ в 4 раза больше L, это оказывает существенное влияние на главную динамическую характеристику модели – отношение t / T .

Заключение

Статическая модель упругого сжатия прокатных валков не всегда дает удовлетворительное описание параметров очага пластической деформации и, следовательно, энергосиловых параметров прокатки. При прокатке жестких полос с малыми обжатиями и большими скоростями расчетные и практические результаты значительно расходятся.

Прокатные валки и станины являются упругими звеньями, обладают значительной массой и при переменных режимах нагружения испытывают дополнительные динамические нагрузки. В статье дана приближенная теоретическая оценка параметров собственных колебаний при прокатке тонких полос.

В зависимости от соотношения длительности импульса нагружения и периода собственных колебаний механической системы t/T характер упругого сплющивания существенно видоизменяется. При малых скоростях прокатки динамические процессы незначительно влияют на картину упругого сжатия. При больших скоростях прокатки ($t/T \leq 0,5$) активное радиальное сжатие продолжается преимущественно после выхода полосы за пределы зоны контакта валков с полосой. В этом случае упругое сжатие поверхности валка в зоне их взаимодействия или отсутствует, или значительно меньше статического.

Список литературы

1. Целиков А.И. Определение контактно поверхности при прокатке с учетом упругой деформации // Сталь. 1961. №6. С. 526-529.
2. Зайков М.А., Полухин В.П., Зайков А.М., Смирнов Л.Н. Процесс прокатки. М.: МИСИС. 2004. 640 с.
3. Василев Я.Д. Теоретическое определение длины упругопластического очага деформации при холодной прокатке // Производство проката. 2012 №8. С. 2-8.
4. Совершенствование силового расчета процесса холодной прокатки на основе нового подхода к расчету сплющивания валков / Э.А. Гарбер, Д.Л. Шалаевский, И.А. Кожевникова, В.В. Кузнецов // Производство проката. 2008. №5. С. 13-18.
5. Исследование профиля и длины контакта полосы с валками при холодной прокатке / Шаталов Р.Л., Лукашкин Н.Д., Кохан Л.С., Никулин Н.А. // Сталь. 2003. №3. С. 46-50.
6. Машины и агрегаты металлургических заводов / Целиков А.И., Полухин П.И., Гребенник В.М. и др. М.: Металлургия. 1988. 680 с.
7. Некит В.А. Механическая модель процесса прокатки-волочения тонких полос // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. 2014. №20. С. 114-118.
8. Некит В.А. О положении нейтрального сечения в очаге пластической деформации при прокатке полос // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. 2012. №18. С. 137-138.
9. Некит В.А. Условия трения и упругого сжатия валков при холодной прокатке листов и полос // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. 2009. №15. С. 101-104.
10. Некит В.А. Теоретическое обоснование условия захвата при установившемся процессе холодной листовой прокатки // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. 2013. №19. С. 72-75.

11. Экспериментальное исследование опережения и отставания при прокатке / В.А.Некит, С.И.Платов, И.А.Курбаков, А.Д.Голев // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И.Носова. 2015. №21. С. 52-54.

УДК 621.778.08

В.А. Харитонов, И.М. Петров

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА БУНТОВОЙ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

Аннотация. *В статье рассмотрен вопрос оценки конкурентоспособности технических процессов изготовления бунтовой арматурной стали. Также в работе предложена методика и представлена номенклатура показателей для оценки конкурентоспособности технических процессов производства бунтовой арматурной стали. Кроме того, в статье даны результаты, полученные с использованием предложенной методики.*

Ключевые слова: *бунтовая арматурная сталь, технический процесс, конкурентоспособность, оценка конкурентоспособности.*

Для российской экономики важной задачей является повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции. Для этого необходимо использовать на производстве эффективные технологии, позволяющие получать качественную продукцию, соответствующую мировому уровню при минимальных затратах. При этом требуются методы оценки, позволяющие выбрать наиболее рациональную технологию ещё на стадии проектирования.

Закон конкуренции говорит о том, что в мире происходит объективный процесс постоянного повышения качества продукции, снижения их удельной цены [1]. Конкуренция на строительном рынке порождает необходимость в эффективных строительных материалах и современных технологиях изготовления строительных конструкций. Основным композитным строительным материалом сегодня остается железобетон. Арматурная сталь – важный компонент железобетона, который по своим свойствам может оказать существенное влияние на его эффективность [2].

Для характеристики уровня конкурентоспособности используется система показателей, номенклатура которой весьма обширна. Для наиболее полной оценки конкурентоспособности технических процессов можно выделить три группы показателей: показатели уровня качества готовой продукции, показатели эффективности применяемой технологии и показатели затрат на производство. Для выбора конкурентоспособных технических процессов необходимо использовать методику, учитывающую системный характер конкурентоспособности.

Целью статьи является разработка методики системной оценки конкурентоспособности технических процессов для выбора наиболее эффективной принципиальной технологии производства.

Опыт предприятий-лидеров в создании конкурентоспособной продукции показал, что основными факторами обеспечения качества продукции на уровне предприятия являются:

- материальная база, включающая в себя необходимые материальные ресурсы, инфраструктуру и оборудование, обеспечивающее применение передовых технологий для организации современного производства;
- квалифицированный персонал, заинтересованный в хорошей работе;
- эффективное управление предприятием в целом и качеством в частности, направленное на создание продукции требуемого уровня качества.

Каждый из перечисленных факторов необходим, но только в совокупности они могут быть достаточными для обеспечения требуемого уровня конкурентоспособности продукции. Современное производство и персонал определяют основные условия производства и служат базой качества. Если предприятие в процессе создания продукции использует передовую технологию, имеет соответствующую ей материальную базу, а также квалифицированный персонал, заинтересованный в результатах своего труда, значит, имеется благоприятная база качества. Такая база создает возможность улучшения конкурентоспособности продукции. Для реализации возможностей, создаваемых базой качества, необходимо организовать управление качеством продукции [3].

Задача получения оценок конкурентоспособности технических процессов решалась различными способами в разных областях и отраслях знаний [4-8]. Предлагаемая методика основана на методике определения индекса конкурентоспособности [9] и рассматривает показатель эффективности как сумму трёх индексов:

$$I = \alpha_1 Q + \alpha_2 E + \alpha_3 C,$$

где Q – показатель прогрессивности и качества продукции; E – показатель прогрессивности технологических процессов; C – показатель затрат на производство; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты весомости указанных показателей. Причём, $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$.

Индекс прогрессивность и качества продукции характеризует уровень качества продукции, который можно достичь с использованием данной технологии. Индекс прогрессивности применяемых технологических процессов характеризует непосредственно уровень технологии, лежащий в основе технического процесса [10]. При оценке конкурентоспособности производственных процессов в него целесообразно включить частные показатели, характеризующие оборудование, необходимое для реализации данного процесса (например, уровень автоматизации) и частные показатели, характеризующие квалификацию персонала. Индекс затрат на производство можно найти с использованием различных величин, например, непосредственно затрат на изготовление арматурной стали по данной технологии, рентабельности производства, времени производственного цикла и т.д.

Сами индексы можно рассчитать по следующим зависимостям:

$$Q = \beta_1 Q_1 + \beta_2 Q_2 + \dots + \beta_n Q_n$$

$$E = \beta_1 E_1 + \beta_2 E_2 + \dots + E_m Q_m$$

$$C = \beta_1 C_1 + \beta_2 C_2 + \dots + \beta_k C_k$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n – частные показатели прогрессивности и качества продукции; E_1, E_2, \dots, E_m – частные показатели прогрессивности применяемых технологических процессов; C_1, C_2, \dots, C_k – частные показатели, определяющие затраты на разных стадиях жизненного цикла продукции; β – коэффициенты весомости, соответствующие частным показателям.

С использованием данной методики была проведена оценка нескольких вариантов технических процессов изготовления бунтовой арматурной стали (холодная пластическая деформация горячекатаной заготовки, горячая прокатка легированной заготовки, профилирование термоупрочнённой заготовки и способ «Stretching»). По результатам оценки наибольшее значение индекса конкурентоспособности соответствовало способу «Stretching».

Список литературы

1. Фатхутдинов Р.А. Стратегическая конкурентоспособность России // Стандарты и качество №5. 2003. С. 52-58.
2. Дорохин П.С., Харитонов В.А. Прогресс в структуре потребления арматурного проката диаметром до 18 мм неизбежен // Стройматериалы №3. 2012. С. 14-23.
3. Огвоздин В.Ю. Модель качества // Стандарты и качество. 2006. №1. С. 63-64
4. Корчунов А.Г. Методология управления показателями качества продукции в технологиях метизного производства на основе моделей с элементами нечеткой логики: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Магнитогорск, 2010. 37 с.
5. Голубчик Э.М. Развитие методологических основ адаптивного управления качеством металлопродукции в многовариантных технологических системах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Магнитогорск, 2014. 42 с.
6. Моллер А.Б. Методология управления качеством в сортопрокатной технологической системе на основе адаптивных моделей формирования потребительских свойств продукции: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.23. Магнитогорск, 2011. 303 с.
7. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства: монография. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012. 167 с.
8. Копанева И.Н. Как измерить удовлетворенность потребителя // Методы менеджмента качества. 2003. №6. С. 21-26.
9. Конкурентные позиции бизнеса: монография / Э.М. Коротков, Ю.Т. Шестопал, В.Д. Дорофеев. М.: ИНФРА-М, 2003. 261с.
10. Харитонов В.А. Классификация способов ОМД по технологическим признакам при производстве проволоки // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 49-58.

В.М. Колокольцев, Е.В. Петроченко, А.А. Ахметова

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕНДРИТНОЙ СТРУКТУРЫ ЖАРОИЗНОСОСТОЙКИХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

***Аннотация.** Металлографическими методами исследована дендритная структура жароизносостойких белых чугунов. Установлены некоторые закономерности влияния добавок бора и термokinетических условий кристаллизации на параметры дендритной структуры чугунов.*

***Ключевые слов:** жароизносостойкий белый чугун, первичная структура, параметры дендритной структуры, бор.*

Современные комплексно-легированные белые чугуны, представляющие собой сложнoleгированные многокомпонентные, многофазные сплавы, различные по структуре, обладают высоким комплексом механических и специальных свойств и широко применяются в условиях высоких температур и абразивного изнашивания. На их свойства важное влияние оказывает первичная структура, которая зависит от химического состава и условий охлаждения сплава при кристаллизации.

Первичная структура содержит ценную информацию об особенностях процесса затвердевания металла. Поэтому объективная количественная оценка первичной структуры дает возможность установить влияние ряда конкретных условий кристаллизации на свойства полученных отливок.

Дендриты твердого раствора, образующиеся в процессе кристаллизации чугунной отливки, претерпевают трансформации, увеличивая свои первоначальные размеры в несколько раз. Это огрубление всегда оказывает отрицательное воздействие, снижая механические и эксплуатационные свойства чугунов. Разветвленность дендритов также неблагоприятна тем, что увеличивается химическая неоднородность в межосевых участках дендрита, что приводит к снижению жаростойкости сплава [1, 2].

Для количественной оценки дендритной структуры применяют следующие параметры: плотность дендритной структуры, дисперсность дендритной структуры, размеры осей дендритов, величина междоузельных промежутков ветвей дендрита первого λ_1 и второго порядков λ_2 , средняя площадь, средний диаметр дендрита, толщина дендритных ветвей, фактор формы [1-4].

Эти критерии наиболее целесообразно применять в тех случаях, когда какой-либо из факторов (скорость охлаждения, специальные добавки) подвергается изменению. Количественная оценка первичной структуры позволяет не только сравнивать относительное действие разных факторов, но и находить оптимальные пределы применения того или иного фактора.

Одними из эффективных методов управления параметрами первичной структуры, способствующих улучшению механических и эксплуатационных свойств сплавов, являются модифицирование и применение режимов регламентированного теплоотвода при кристаллизации.

В работе изучили влияние добавок бора и условий охлаждения при кристаллизации на параметры дендритной структуры жароизносостойкого чугуна [5-7].

В качестве исследуемого материала был выбран белый чугун, следующей системы легирования: Fe-C-Cr-Mn-Ni-Ti-Al-Nb [8-15]. В табл. 1 представлен химический состав исследуемых чугунов.

Таблица 1

Химический состав жароизносостойких сплавов

№ образца	Содержание элементов, %							
	C	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	Nb	B
1	2,1–2,2	4,5–5,0	18,0–19,0	1,0–1,2	0,4–0,6	2,0	2,0	0
2	2,1–2,2	4,5–5,0	18,0–19,0	1,0–1,2	0,4–0,6	2,0	2,0	0,005
3	2,1–2,2	4,5–5,0	18,0–19,0	1,0–1,2	0,4–0,6	2,0	2,0	0,01
4	2,1–2,2	4,5–5,0	18,0–19,0	1,0–1,2	0,4–0,6	2,0	2,0	0,02
5	2,1–2,2	4,5–5,0	18,0–19,0	1,0–1,2	0,4–0,6	2,0	2,0	0,03

В качестве характеристик дендритной структуры в работе исследовали следующие параметры: дисперсность δ , объемную долю V , расстояние между осями второго порядка λ_2 , фактор формы F , средние площадь S , диаметр d , длину ℓ , ширину β дендритов. Фактор формы определяет компактность включения и определяется как отношение площади дендрита на площадь описанной окружности дендрита. Дисперсность дендритной структуры оценивали величиной, обратной расстоянию между осями второго порядка. Металлографические исследования проводились на оптическом микроскопе, оснащенный анализатором изображений Thixomet PRO (табл.2). Опытные сплавы заливали в сырые и сухие песчанно-глинистые формы и чугунный кокиль.

Таблица 2

Параметры дендритной структуры чугунов

№ обр.	Тип формы	$S, \text{мкм}^2$	$d, \text{мкм}$	$\ell, \text{мкм}$	$\beta, \text{мкм}$	$V, \%$	$\lambda_2, \text{мкм}$	F	$\delta, 1/\text{мкм}$
1	сух	2456	83	232	9,1	47	5,6-6,8	0,26	0,16
	сыр	1893	71,1	195	9,47	45	4,8-5,6	0,26	0,19
	кок	89	14,7	41	2,21	44,6	1	0,28	1
2	сух	2866	75,2	201	9,15	44,5	5,2-7,1	0,28	0,16
	сыр	1831	67,6	191	9,38	46,8	5,4	0,3	0,18
	кок	85,3	14,8	38,8	2,1	40	0,9	0,32	1,1
3	сух	1912	64,5	198	9,18	44,6	4,9-6,3	0,29	0,17
	сыр	1714	64,6	185	9,15	45,6	2,8-3,2	0,3	0,33
	кок	35,5	9,43	19,3	1,89	37		0,33	
4	сух	1581	58,7	130	10,5	45	2,5-3,8	0,34	0,15
	сыр	1568	58,8	92,4	9,58	51	3,2	0,35	0,31
	кок	36	9,4	17	1,7	39		0,5	
5	сух	1316	54,6	132	10,9	46	2,5-4,5	0,34	0,14
	сыр	1718	62,5	180	9,84	47,2	4,1	0,39	0,24
	кок	77,9	14,4	32,7	2,27	41,8		0,45	

Применение предлагаемых параметров позволяет не только количественно оценить дендритную структуру, но и ввести понятие – «степень модифицирования», т.е. относительное изменение каждого параметра при определенном воздействии (табл. 3).

Введение понятия «степень модифицирования» представляется в ряде случаев полезным, например, для сравнения действия различных модификаторов и установления оптимального их количества, а также для установления возможных количественных соотношений степени модифицирования с параметрами кристаллизации с одной стороны и с некоторыми свойствами – с другой.

Таблица 3
Степень модифицирования по разным параметрам

№ образца	Тип формы	Степень модифицирования по S, %	Степень модифицирования по d, %	Степень модифицирования по ℓ , %	Степень модифицирования по β , %	Степень модифицирования по V, %	Степень модифицирования по λ_2 , %	Степень модифицирования по F, %	Степень модифицирования по δ , %
2	сух	16,6	9,3	13,3	0,54	5,3	2,38	7,6	0
	сыр	3,2	4,9	2	0,9	4	3,84	15,3	5,1
	кок	4,1	0,68	5,3	4,9	10,3		14,2	10
3	сух	22,1	22,2	14,6	0,87	5,1	11,1	11,5	6,2
	сыр	9,45	9,1	5,1	3,3	1,33	42,3	15,3	73
	кок	60,1	35,8	52,9	14,4	17,04		17,8	
4	сух	35,6	29,2	43,9	15,3	4,2	50	30,7	6,2
	сыр	17,1	17,2	52,6	1,16	13,3	38,46	34,6	63
	кок	59,5	36	58,5	23	12,5		78,5	
5	сух	46,4	34,2	43,1	19,7	2,1	44	30,7	12,5
	сыр	9,2	12	7,6	3,9	4,8	21	50	26,3
	кок	12,4	2,04	20,2	2,7	6,2		60,7	

Полученные данные свидетельствуют о влиянии модифицирования в большей степени на изменение таких критериев как площадь, длина, фактор формы и дисперсность дендритов.

Металлографически установлено, что формирование первичной литой структуры в отливках исследуемых чугунов в зависимости от условий охлаждения и добавок бора сопровождается образованием дендритов твердого раствора различной дисперсности (S) и морфологии (F). Показано, что в случае применения интенсивного теплоотвода (заливка в кокиль) и добавок бора фактор формы и характеристики дисперсности дендритной структуры закономерно повышаются.

Бор незначительно меняет объемную долю дендритов. Повышение скорости охлаждения уменьшает объемную долю и площадь дендритов. В отливках, полученных в сухие ПГФ, расстояние между осями второго порядка находится в диапазоне 2,5–7 мкм. Это расстояние уменьшается с увеличением добавок бора. При охлажде-

нии в металлической форме оси высших порядков либо полностью отсутствуют, либо присутствуют в неразвитом (неявном) виде (междоусное расстояние в этом случае составляет около 1 мкм), компактность дендритов увеличивается.

Список литературы

1. Горемыкина С., Костылева Л., Ильинский В. Исследование роста дендритных ветвей крупных столбчатых кристаллов // *Материаловедение*. №12. 2007. С. 32-34
2. Ильинский, В. А. Исследование микроликвационной неоднородности дендритных ветвей серого чугуна / В.А. Ильинский, Л.В. Костылева, Л.В. Палаткина // *Металлургия машиностроения*. 2009. № 6. С. 9–15.
3. Определение количественных показателей (критериев) дендритной структуры. Донецкий НИИЧерМет. Донецк, 1969. 12 с.
4. Жилияков А.Ю. Исследование влияния температурно-временной обработки расплава на закономерности формирования структуры и свойств литого сплава ЭК77 / А.Ю. Жилияков, С.В. Беликов // *Физика прочности и пластичности материалов: сборник тезисов XVIII Международная конференция*. Самара: Изд-во СамГТУ, 2012. С. 114.
5. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Соловьев В.П., Цыбров С.В. Специальные чугуны. Литье, термическая обработка, механические свойства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Металлургия" (бакалавриат и магистратура) и по специальностям 150104 – Литейное производство черных и цветных металлов, 150105 – Металловедение и термическая обработка металлов (специалитет) / В.М. Колокольцев [и др.]; под ред. В.М. Колокольцева; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова". Магнитогорск, 2009.
6. Колокольцев В.М., Миронов О.А., Петроченко Е.В., Брялин М.Ф., Воронков Б.В. Повышение свойств жароизносостойкого чугуна рафинированием и модифицированием // *Литейное производство*. 2007. № 3. С. 2-5.
7. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В. Металлургические и металловедческие аспекты повышения функциональных свойств литых изделий из белых чугунов // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2014. № 4 (48). С. 87-98.
8. Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Анализ взаимосвязи химического состава, условий охлаждения при затвердевании с особенностями строения сплавов, окисленной поверхности и свойствами комплексно-легированных белых чугунов // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2011. № 4. С. 50-53.
9. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Миронов О.А. Влияние химического состава на формирование структуры и свойств жароизносостойких чугунов // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2007. № 3. С. 44-47.
10. Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Изыскание составов жароизносостойких комплексно-легированных белых чугунов // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2009. № 8. С. 31-34.

11. Колокольцев В.М., Петроченко Е.В., Молочкова О.С. Влияние химического состава, условий охлаждения при затвердевании на структуру и свойства жароизносостойких комплекснолегированных железоуглеродистых сплавов // Технология металлов. 2013. № 1. С. 10-14.
12. Петроченко Е.В. Взаимосвязь химического состава, структуры и свойств комплексно-легированных белых чугунов в литом состоянии // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2012. № 3. С. 51-55.
13. Жароизносостойкий чугун / Воронков Б.В., Колокольцев В.М., Миронов О.А., Петроченко Е.В., Сibaгатуллин С.К. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2005. № 3 (11). С. 35-37.
14. Структура и свойства жароизносостойкого белого чугуна / Петроченко Е.В., Колокольцев В.М., Миронов О.А., Воронков Б.В., Полетаев В.В., Сулейманов В.М. // Литейщик России. 2005. № 7. С. 7-10.
15. Петроченко Е.В. Особенности кристаллизации, формирования структуры и свойств износостойких и жаростойких чугунов в различных условиях охлаждения: дис. ... д-ра техн. наук / Магнитогорский государственный технический университет. Магнитогорск, 2012. 312 с.

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 621.311

В.В. Черепанов, Е.А. Калинина

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕЗКОПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК ФАНЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. *Статья посвящена исследованию влияния работы главных электроприводов механизмов фанерного производства, работающих в повторно-кратковременном режиме и являющихся резкопеременными. Предложено нагрузки рассматриваемых механизмов описывать решетчатыми моделями, интерполированными сплайн-функциями первой степени. Использование полученных моделей позволит решить ряд вопросов, возникающих при проектировании систем электроснабжения подобного рода предприятий.*

Ключевые слова: *резкопеременные нагрузки, нагрузочные диаграммы, сплайн-функция, решетчатая модель, полигон, математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, доза фликера*

Проектирование системы электроснабжения фанерного производства требует решения комплекса задач: выбор электродвигателей, выбор кабелей для их питания, определение мощности трансформаторов, питающих фанерное производство, компенсация реактивных нагрузок, расчет колебаний напряжения, вызываемых в электрической сети работой электродвигателей, имеющих резкопеременный график изменения активной и реактивной мощности. На фанерном комбинате к электродвигателям, работающим в резкопеременном режиме и вызывающих появление колебаний напряжения, относятся: барабанная рубильная машина «Дробилка карандашей», корорубка, спиральная рубильная машина с воронкой, барабанная рубильная машина «Дробилка шпона», окорочная машина, луцильная машина, пилы [1]. Резкопеременный характер нагрузки этих механизмов возникает под действием случайных факторов, таких как плотность древесины, включение сучьев, случайные изменения скорости подачи заготовки [3].

Нагрузочные диаграммы таких механизмов и их приводов, построенные на основании расчетов, недостаточно достоверно описывают реальный процесс нагружения электропривода. Кроме того расчетные диаграммы не позволяют решить такие задачи как расчет дозы фликера, вызываемой работой этих электроприводов и выбор мощности управляемых батарей конденсаторов. Наиболее приемлемыми в этих условиях являются статистические модели электрических нагрузок.

В рассматриваемом случае электродвигатели перечисленных механизмов предлагается рассматривать как объекты с дискретно распределенными параметрами их электрических нагрузок. Графики нагрузок при этом рассматриваются

состоящими из точек, соответствующих экстремумам графиков активной и реактивной мощностей.

Для перечисленных электроприводов нами были исследованы графики реактивной и активной мощности. По ансамблю полученных реализаций графиков для каждого обследованного электропривода определены в точках экстремумов графиков оценки математического ожидания и средних квадратических отклонений параметров изменяющихся случайным образом [4]: - активная P и реактивная Q электрические нагрузки; - время цикла $T_{ц}$; - время работы (t_p) и холостого хода ($t_{х.х}$) в цикле. Кроме того определены основные характеристики нагрузочных диаграмм (см. таблицу).

Основные характеристики нагрузочных диаграмм

Количество рабочих циклов и циклов х.х. в цикле n_i , шт.	Время цикла $T_{ц}$, с.	Время работы в цикле, t_p , с.	Время х.х. в цикле, $t_{х.х}$, с.	Максимальное значение мощности за цикл, $P_{\max.ц}$, кВт	Минимальное значение мощности, за цикл, $P_{\min.ц}$ кВт	Средняя мощность за цикл, $P_{ср.ц}$, кВт
11	1934	832,26	1101,7	146,4	14,64	16,32

Для решения всех перечисленных выше задач электроснабжения предлагает- ся описывать графики электрических нагрузок решетчатыми моделями, интерполируемыми сплайн-функциями первой степени. Сплайн-функция имеет вид

$$P(t) = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{t_{i+1} - t}{t_{i+1} - t_i} \cdot P_{t_i} + \frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} \cdot P_{t_{(i+1)}} \right), \text{ при } t \in [t_i; t_{i+1}]$$

На рис. 1 и 2 представлены полигоны математических ожиданий и средних квадратических отклонений графиков активной и реактивной мощностей для периода загрузки главного привода рассматриваемого механизма [5].

Предлагаемые авторами решетчатые модели графиков электрических нагрузок электроприводов, работающих в повторно-кратковременном режиме, позволяют решить такие задачи электроснабжения как: трасчет дозы фликера, вызываемой работой главных электроприводов механизмов; выбор мощности управляемых батарей конденсаторов; выбор электродвигателя с учетом случайного характера процесса нагружения двигателя; выбор сечения кабеля, питающего электродвигатель главного электропривода; выбор мощности трансформаторной подстанции; определение размахов напряжения электрической сети.

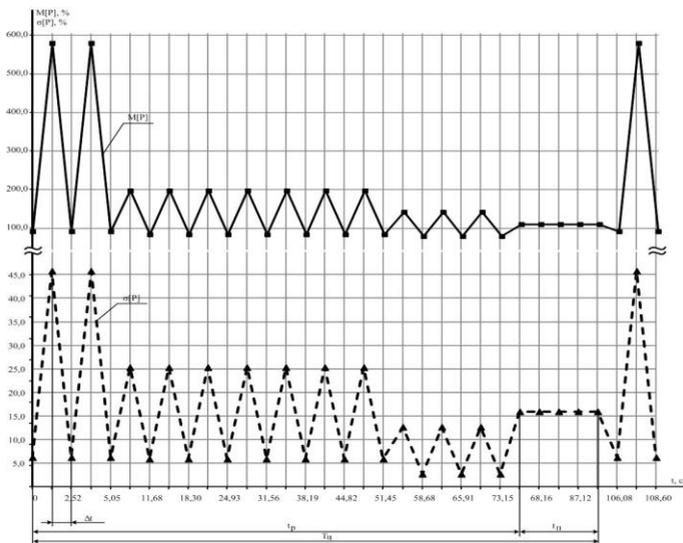


Рис. 1. Полигоны математического ожидания и средних квадратических отклонений активной мощности нагрузочной диаграммы электроприемника барабанной рубильной машины «Дробилка карандашей» фанерного производства

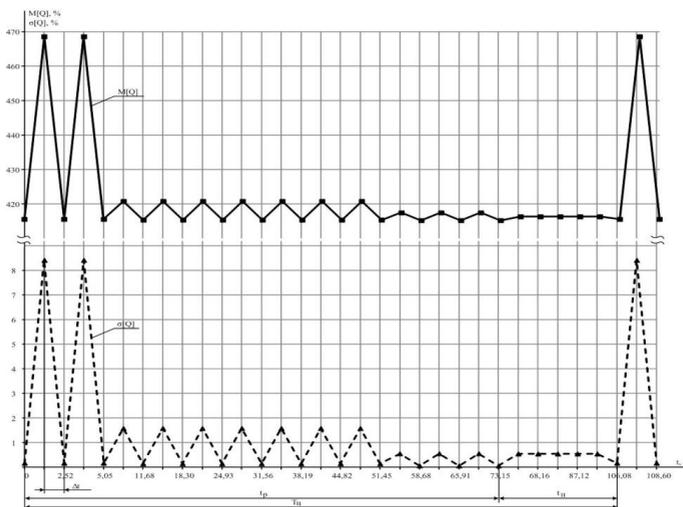


Рис. 2. Полигоны математического ожидания и средних квадратических отклонений реактивной мощности нагрузочной диаграммы электроприемника барабанной рубильной машины «Дробилка карандашей» фанерного производства

Выводы

1. Электрические нагрузки электроприводов механизмов фанерного производства, работающих в повторно-кратковременном режиме, являются резкопеременными и изменяются случайным образом. Предложено описывать электрические нагрузки приводов работающих в повторно-кратковременном режиме и имеющих случайный процесс нагружения решетчатыми моделями, интерполированными сплайн-функциями первой степени.

2. Полученные решетчатые модели электрических нагрузок электроприводов фанерного производства рекомендуется использовать для решения ряда задач электроснабжения, в том числе для расчета дозы фликера и выбора мощности управляемых батарей конденсаторов.

Список литературы

1. Влияние силового оборудования на изменение колебаний напряжения в системе электроснабжения / Бессолицын А.В., Бакшаева Н.С., Вотинцев А.В., Калинина Е.А. // Перспективы науки. №11(38). Издание Межрегиональная общественная организация и Фонд развития науки и культуры. г. Тамбов, 2012 г. С. 109-116.
2. ГОСТ 32144-2013. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Принят 25.03.2013 г.
3. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2000. 252 с.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятности. М., 1969. 576 с.
5. Черепанов В.В., Калинина Е.А. Определение реактивных нагрузок асинхронных двигателей, работающих в повторно-кратковременном режиме, на стадии проектирования // Автоматизация в электроэнергетике и электротехнике: материалы международной научно-технической конференции г. Пермь, 24-25 сентября 2015 г. С. 229-231.

УДК 621.3.015.38+621.3.016.25

А.А. Николаев, В.В. Анохин, И.А. Ложкин, М.М. Тухватуллин

РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКИМ ТИРИСТОРНЫМ КОМПЕНСАТОРОМ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ФИЛЬТРОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

***Аннотация.** В статье рассмотрены способы снижения коммутационных перенапряжений, которые имеют место при подключении фильтров высших гармоник к сети во время ввода статического тиристорного компенсатора (СТК) в эксплуатацию. Оценка эффективности разработанных способов проведена на*

имитационной модели СТК-135 МВАр и электрической сети 220/35 кВ, по которой получает питание электросталеплавильный комплекс ШП-150-СТК. Модель реализована в приложении Simulink математического пакета Matlab.

Ключевые слова: статический тиристорный компенсатор, фильтрокомпенсирующие цепи, коммутационные перенапряжения, качество электроэнергии, устройство регулирования под нагрузкой понизительного трансформатора.

Явление кратковременного повышения напряжения в электрической сети выше порогового уровня, наблюдаемое в результате включения или отключения нагрузки, называют коммутационным перенапряжением. Перенапряжения опасны для электрического оборудования. В случае их частого появления в сети происходит ускоренный износ изоляции, что в последующем может стать причиной аварийной ситуации вследствие её перекрытия и возникновения короткого замыкания. В настоящее время к основной мере защиты от перенапряжений в высоковольтных сетях относится установка нелинейных ограничителей перенапряжения (ОПН). Однако данные устройства не всегда справляются со своей задачей. В качестве примера можно привести питающую сеть 35 кВ электросталеплавильного комплекса ШП-150 и СТК-135 МВАр, расположенного на металлургическом предприятии ЗАО «Северсталь – сортовой завод Балаково». ОПН, установленные в ЗРУ-35 кВ, не реагируют на коммутационные перенапряжения, которые фиксируются во время подключения фильтров высших гармоник (ФКЦ). Как известно, высоковольтное оборудование, поставляемое вместе со статическим тиристорным компенсатором (выключатели, трансформаторы тока и др.), имеет изоляцию, которая рассчитана на двойное номинальное напряжение. Однако кабельные линии и аппараты в ЗРУ-35 кВ обладают параметрами изоляции, характерными для данного уровня напряжения.

На всех подобных объектах для ограничения перенапряжений существует определённый порядок пуска СТК в работу. Представленный на рис. 1 алгоритм включения фильтров должен был ограничить коммутационные перенапряжения. Однако на шинах ЗРУ-35 кВ наблюдаются значительные скачки напряжения. Наибольшее перенапряжение зафиксировано в момент включения фильтра 3-ей гармоники, которое достигает по амплитуде 72 кВ, а если судить по действующему значению – 47,5 кВ. В ходе проведённого исследования выяснено, что коммутационные перенапряжения на объекте возникают по следующим причинам: повышенное начальное напряжение (37 кВ) и низкая мощность короткого замыкания.

Определены два способа снижения коммутационных перенапряжений в рассматриваемой сети: 1) понижение уровня напряжения на шинах ЗРУ-35 кВ до включения СТК за счёт изменения ступени РПН сетевого трансформатора; 2) использование резервов СТК по мощности, которое предполагает перевод тиристорно-реакторной группы (ТРГ) в режим форсировки на период включения фильтров. Для оценки эффективности предложенных способов в приложении *Simulink* математического пакета *Matlab* разработана имитационная модель питающей сети 35 кВ и СТК-135 МВАр [1, 2].

Увеличение коэффициента трансформации понизительного трансформатора 220/35 кВ не даёт особого эффекта. Перенапряжения удалось существенно снизить только в случае установки ступени РПН из среднего в крайнее положение.

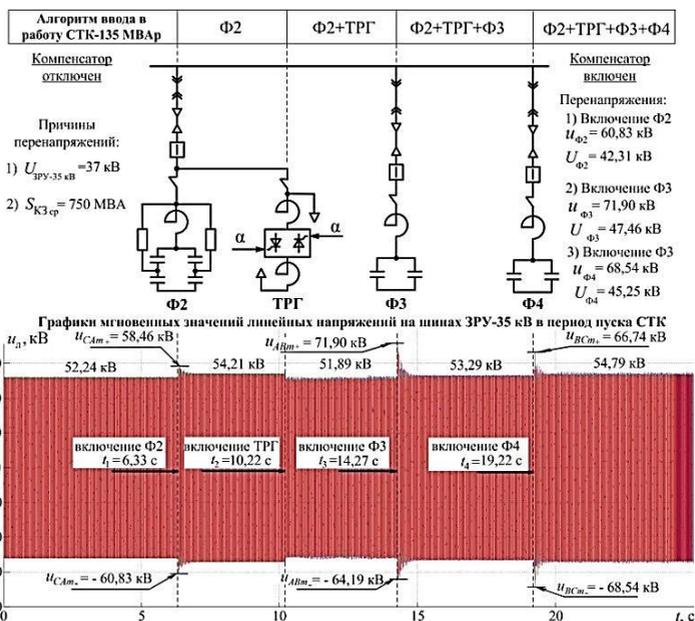


Рис. 1. Процесс включения СТК-135 МВАр

В режиме форсировки ТРГ потребляет наибольшую реактивную мощность, из-за чего напряжение на шинах понижается. По данным, полученным на имитационной модели, можно заключить, что при работе тиристоров во время пуска СТК с максимальным углом отпирания перенапряжения будут значительно снижены. Наибольший эффект достигнут в момент включения фильтра третьей гармоники: в исходном режиме перенапряжение составило 35,6 %, в предлагаемом 13,8 % [3].

Полное устранение перенапряжений на исследуемом объекте возможно при совместном использовании описанных способов. На рис. 2 представлены графики действующих значений линейных напряжений, рассчитанных за полпериода промышленной частоты. График 1 построен на основе данных, записанных на исследуемом объекте при исходных параметрах пуска СТК в эксплуатацию. График 2 получен на имитационной модели после перевода ТРГ в режим форсировки и установки РПН в крайнее положение, в этом случае перенапряжения отсутствуют. Следует отметить, что при работе СТК в режиме форсировки наблюдаются провалы напряжения, величины которых зависят от начального напряжения на шинах до включения компенсатора. Так как от шин ЗРУ получают питание только сталеплавильные агрегаты, а пуск СТК проводится во время их технологических пауз, то кратковременный провал напряжения не приведёт к негативным последствиям. Однако в случае использования предложенных способов необходимо внести изменения в логику работы защиты минимального напряжения для исключения её ложного действия.

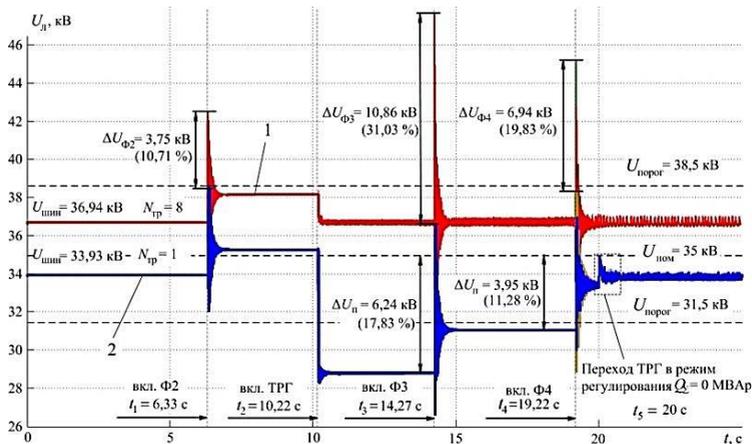


Рис. 2. Графики изменения действующих значений линейных напряжений на шинах ЗРУ-35 кВ при исходных параметрах пуска СТК и для случая применения предложенных способов снижения коммутационных перенапряжений

Выводы

1. Коммутационные перенапряжения на исследуемом объекте возникают по двум основным причинам: повышенное напряжение в сети до включения СТК и низкая мощность короткого замыкания на шинах ЗРУ.

2. Разработаны способы ограничения коммутационных перенапряжений, которые заключаются в переводе ТРГ в режим форсировки на период пуска СТК и понижении уровня напряжения в сети 35 кВ за счёт изменения ступени РПН сетевого трансформатора 220/35 кВ.

Список литературы

1. Николаев А.А. Повышение эффективности работы статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2009. 204 с.
2. Application of Static Var Compensator of Ultra-High Power Electric Arc Furnace for Voltage Drops Compensation in Factory Power Supply System of Metallurgical Enterprise / A.A. Nikolaev, G.P. Kornilov, T.R. Khrumshin, I. Akcay, Y. Gok // Proceedings Electrical Power and Energy Conference (EPEC). Calgary (Canada). 2014. pp. 235–241.
3. Николаев А.А., Анохин В.В., Урманова Ф.Ф. Разработка способа снижения коммутационных перенапряжений при включении фильтров высших гармоник статического тиристорного компенсатора // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2015. Т. 2, №4. С. 72-76.

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

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГЛАВНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РЕВЕРСИВНОГО СТАНА 1750 ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ЗАО «ММК METALURJI» ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Аннотация. В статье представлен способ повышения надежности работы преобразователя частоты с активным выпрямителем при возникновении несимметричных провалов напряжения в питающей сети за счет снижения мощности, потребляемой активным выпрямителем в момент возникновения провала напряжения. Разработана имитационная модель силовой схемы группового активного выпрямителя стана 1750. Представлены переходные процессы токов и напряжений при возникновении провалов напряжения, а так же при демпфировании провала предложенным способом.

Ключевые слова: преобразователь частоты, активный выпрямитель, провал напряжения, автономный инвертор напряжения, синхронный двигатель.

Современные электропривода прокатных станов выполняются на базе высоковольтных синхронных двигателей и преобразователей частоты (ПЧ) с активным выпрямителем (АВ). Системы управления ПЧ с активными выпрямителями не адаптированы к несимметриям питающего напряжения. Возникающие в сети однофазные провалы напряжения, приводят к отключению АВ [1]. Аналогичная проблема присутствует на металлургическом заводе ЗАО «ММК Metalurji» (г. Искендерун, Турция), где функционирует реверсивный стан холодной прокатки «1750» (СХП) с групповым АВ, работающим на четыре автономных инвертора напряжения (АИН) с синхронными двигателями (электропривода двух реверсивных моталок и двух клетей).

Как было описано в работах [2, 3] на данном предприятии существует проблема возникновения провалов напряжения в сети 380 кВ, которые трансформируются во внутривзаводскую сеть и приводят к отключению ПЧ СХП. В связи с этим предложен способ повышения надежности работы ПЧ с АВ при возникновении однофазных провалов напряжения за счет снижения тока, потребляемого АВ в момент провала напряжения.

Для выяснения причин аварийного отключения преобразователя частоты при возникновении несимметричных провалов напряжения была разработана имитационная модель силовой схемы группового активного выпрямителя СХП. Силовая схема АВ выполнена по 18-ти пульсной схеме выпрямления с применением 3-х уровневой топологии. Для получения 18-ти пульсного эффекта применяются 3 трансформатора с последовательно включенными первичными обмотками. Вторичные обмотки трансформаторов имеют фазовые сдвиги 0, 20 и 40 градусов. Система управления АВ представляет собой систему подчиненного регулирования координат с внутренним контуром регулирования потребляемого тока и внешним контуром регулирования напряжения в звене постоянного тока.

На имитационной модели были проведены следующие исследования режимов работы АВ: 1) при возникновении однофазного провала напряжения глубиной 50% и длительностью 200 мс (рис. 1, а, б); 2) работа АВ при компенсации однофазного провала напряжения глубиной 50%, длительностью 200 мс, за счет снижения потребляемого тока АВ (рис. 1, в, г).

Возникновение однофазного провала напряжения приводит к снижению напряжения U_{DC} до 4060 В, а также при окончании провала возникает скачок напряжения в звене постоянного тока, который может привести к срабатыванию защиты, уставкой которой равна 5300В (рис. 1, а). В момент восстановления сети к нормальному режиму работы наблюдается бросок тока, действующее значение которого превысит уставку защиты, равную 2400А (рис. 1, б).

Улучшение переходных процессов наблюдается при компенсации провала напряжения, за счет снижения тока, потребляемого АВ. На протяжении всей длительности провала напряжение в звене постоянного тока поддерживается практически на заданном уровне (рис. 1, в). Вследствие этого удастся избежать броска тока в момент восстановления сети к нормальному режиму работы (рис. 1, г).

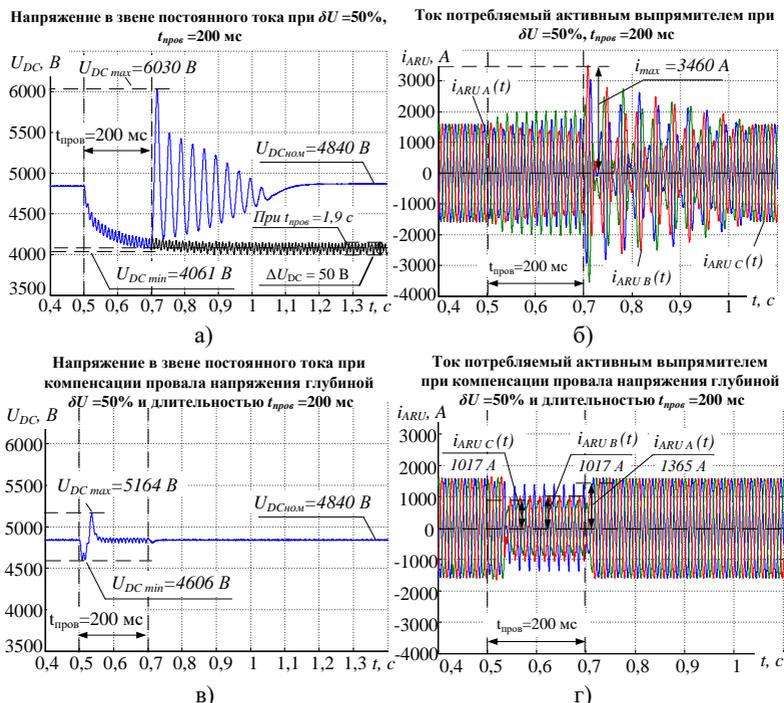


Рис. 1. Мгновенные значения токов, потребляемых АВ, и напряжение в звене постоянного тока:

- а, б – при провале напряжения в питающей сети;
- в, г – при компенсации провала напряжения за счет снижения потребляемого тока нагрузкой

Для демпфирования провала глубиной 50% мощность (ток в звене постоянного тока), потребляемая АВ, была снижена на 49,3%. Это экспериментально определенное минимально необходимое снижение потребляемого тока. При меньшем снижении потребляемого тока все еще возможно срабатывание максимально токовой защиты, а при большем появится значительный бросок напряжения в момент снижения потребляемой мощности. Аналогично можно получить значение необходимого снижения мощности для демпфирования провалов напряжения различной глубины.

Выводы

1. Провалы напряжения, возникающие во внутривзаводской сети, оказывают существенное влияние на работу ПЧ с активными выпрямителями. Провалы напряжения глубиной 50% и длительностью 200 мс могут привести к отключению преобразователя частоты из-за скачка напряжения в звене постоянного тока, в момент восстановления сети к нормальному режиму работы, а также из-за увеличения потребляемых токов АВ.

2. Одним из способов повышения надежности работы ПЧ с активным выпрямителем является снижение тока, потребляемого нагрузкой, в момент возникновения провала напряжения.

3. На имитационной модели главного электропривода СХП «1750» были проведены исследования переходных процессов потребляемых токов АВ и напряжения в звене постоянного тока. Было показано, что снижение потребляемого тока нагрузкой на протяжении длительности провала напряжения, позволяет поддерживать напряжение в звене постоянного тока практически на заданном уровне. Токи, потребляемые АВ в момент возникновения провала напряжения и при выходе из него не превышают значения уставки защиты.

Список литературы

1. Храпшин Т.Р. Математическая модель активного выпрямителя в несимметричных режимах работы / Т.Р. Храпшин, Д.С. Крубцов, Г.П. Корнилов // Электротехника: сетевой электронный научный журнал. 2014. Т. 1. № 2. С. 3-9.
2. Николаев А.А. Исследование влияния провалов напряжения в системе электропитания завода ММК Metalurji на работу главных электроприводов стана горячей прокатки / А.А. Николаев, А.С. Денисевич, И.А. Ложкин, М.М. Тухватуллин // Электротехнические системы и комплексы. 2015. №3 (28). С.8-14.
3. Николаев А.А. Использование статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи для обеспечения устойчивости электроэнергетической системы и повышения надежности внутривзаводского электроснабжения // А.А. Николаев, Г.П. Корнилов, В.С. Ивекеев, И.А. Ложкин, В.Е. Котышев, М.М. Тухватуллин // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2014. №1. С.59-69.

А.А. Николаев, Е.С. Буксартов, А.С. Даниленко, И.А. Ложкин, В.С. Ивекеев

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 380 КВ НА ПРОВАЛЫ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА ЗАО «ММК METALURJI» (г. ИСКЕНДЕРУН, ТУРЦИЯ)

Аннотация. В работе приведены результаты исследования по провалам напряжения в электрических сетях 380 кВ и их влияние на систему внутриводского электроснабжения металлургического завода ЗАО «ММК METALURJI» при возникновении однофазных коротких замыканий в различных местах электроэнергетической системы провинции *Hatay, Adana, Gaziantep* (Турция).

Ключевые слова: однофазные короткие замыкания, провалы напряжения.

Одним из частых аварийных явлений в электроэнергетических системах в линиях электропередач (ЛЭП) являются короткие замыкания. При возникновении короткого замыкания возникает провал напряжения. Глубина провала у потребителя электроэнергии зависит от дальности точки КЗ. Также на глубину провала влияет мощность генераторов электростанций, расположенных в исследуемом энергорайоне, и вид короткого замыкания.

Исследуемым объектом является металлургический завод ЗАО «ММК *Metalurji*», расположенный в г. Искендерун провинции *Hatay* на юго-востоке Турецкой республики. Согласно статистике турецкой национальной энергокомпании *TEIAS*, количество коротких замыканий в сетях 380 кВ составляет, ориентировочно, один раз в неделю и, следовательно, до 50 раз в год. Наиболее часто происходят однофазные короткие замыкания, доля которых от общего количества составляет 65 %; двухфазные КЗ на землю – 20 %; двухфазные КЗ – 10 %; трехфазные КЗ – 5 %. Основной причиной однофазных коротких замыканий являются сложные погодные условия в горной местности, сопровождающиеся частыми ударами молний в грозозащитный трос и фазу линии. Также одной из причин однофазных коротких замыканий является пробой изоляторов из-за угольной пыли, которая оседает на изоляторах от поджигания фермерами сухой травы.

Согласно [1], наиболее чувствительными электроприемниками являются мощные электроприводы клетей стана горячей прокатки, синхронные двигатели которых получают от преобразователей частоты фирмы *ABB*. При возникновении сильных провалов и несимметрии напряжения имеет место срабатывания защиты преобразователя и его отключение. Критические значения глубины провала δU_i и ее длительности $t_{\text{пров}}$ для преобразователей частоты электроприводов клетей составляют 15% и 100 мс.

Анализ диаграммы распределения провалов напряжения в питающей сети 380 кВ металлургического завода ЗАО «ММК *Metalurji*», которая представлена в [1], показал, что чаще всего присутствуют провалы с глубиной $\delta U_i = 10 - 50\%$ и

длительностью $t_{\text{пров.}} = 60 - 220$ мс. Большинство провалов превышают критические значения.

Для анализа влияния коротких замыканий в сети 380 кВ на провалы напряжения в системе внутривзаводского электроснабжения исследуемого металлургического завода в математическом пакете *Matlab* с приложением *Simulink* была разработана имитационная модель электроэнергетической системы провинций *Hatay, Adana, Gaziantep* (рис. 1).

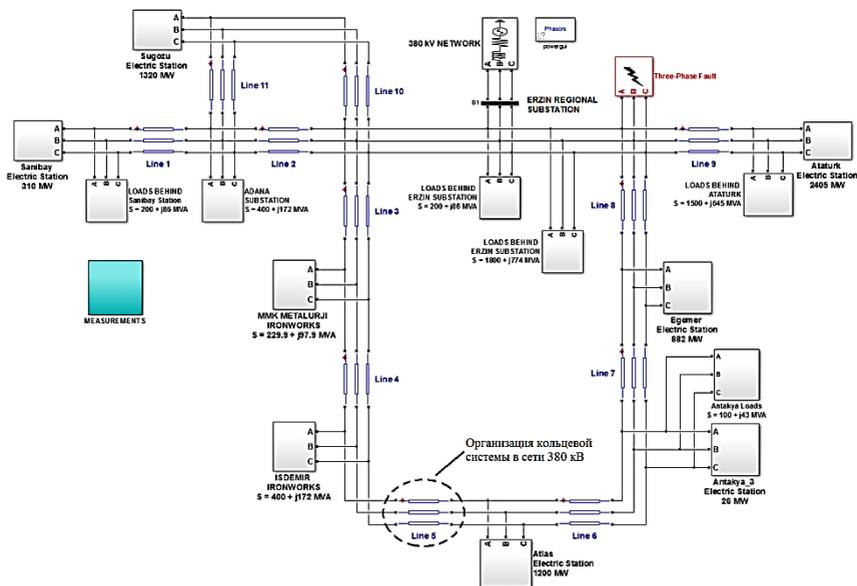


Рис. 1. Имитационная модель электроэнергетической системы провинций *Hatay, Adana, Gaziantep*

Согласно существующей статистике наиболее часто происходят короткие замыкания на участках ЛЭП Sugozu – Erzin, Sugozu – Adana, Adana – Sanibey. С помощью приведенной модели были смоделированы однофазные КЗ в электрической сети 380 кВ в наиболее характерных точках: на подстанции Adana, Sugozu, Sanibey, Erzin. На рис. 2, 3 представлены графики провалов напряжения при возникновении однофазного короткого замыкания на подстанции Erzin при замкнутом и разомкнутом энергокольце.

На основании данных графиков можно сделать вывод, что замыкание кольца приводит к снижению глубины провалов напряжения.

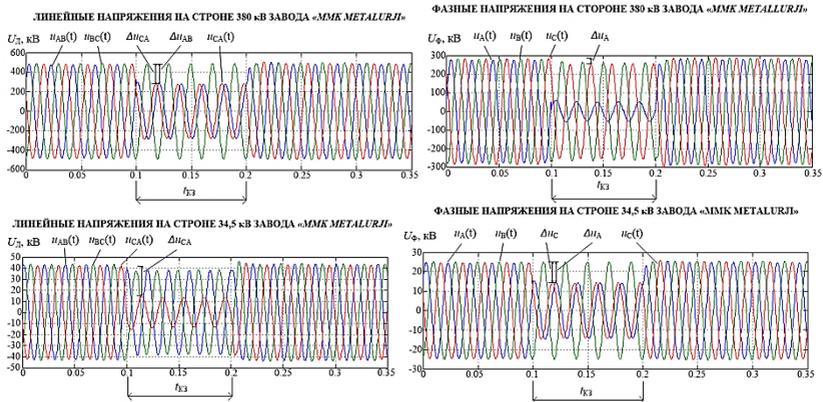


Рис. 2. Графики провалов напряжений при однофазном коротком замыкании на подстанции *Erzin* с разомкнутым энергокольцом

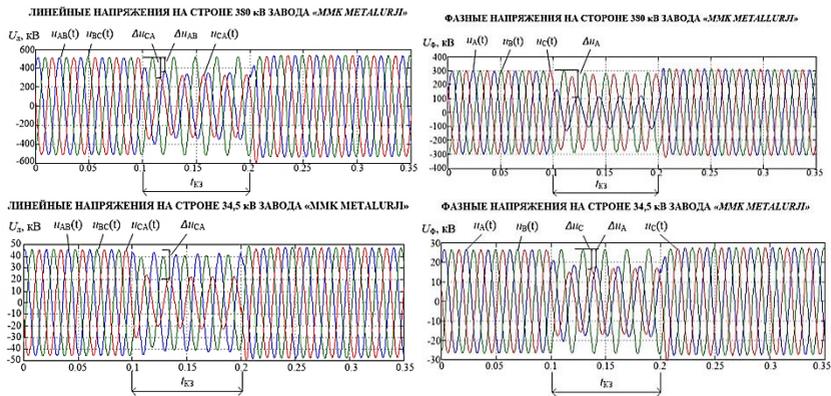


Рис. 3. Графики провалов напряжений при однофазном коротком замыкании на подстанции *Erzin* с замкнутым энергокольцом

Выводы

1. Использование замкнутой кольцевой системы в электрической сети 380 кВ энергорайона провинций *Hatay, Adana, Gaziantep* Турции позволяет снизить провалы напряжения на 8 – 15 %.

2. При локализации точки короткого замыкания на электростанциях *Adana* или *Sanibey* применение статического тиристорного компенсатора (СТК) в системе внутривозовского электроснабжения ЗАО «ММК Metalurji» с усовершенствованной системой управления, описанной в [2], является эффективным, т.к. на основании практического применения данное устройство может демпфировать провалы напряжения глубиной до 30% от номинального.

Список литературы

1. Использование статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи для обеспечения устойчивости электроэнергетической системы и повышения надежности внутриводского электроснабжения / Николаев А.А., Корнилов Г.П., Ивекеев В.С., Ложкин И.А., Котышев В.Е., Тухватулин М.М. // Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2014. №1. С. 56-69.
2. Николаев А.А. Повышение эффективности работы статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи: дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2009. 204 с.
3. Разработка усовершенствованной схемы включения и новых алгоритмов управления статического тиристорного компенсатора с целью повышения эффективности работы дуговой сталеплавильной печи ДСП-250 ЗАО «ММК METALURJI» / Николаев А.А., Корнилов Г.П., Анохин В.В., Котышев В.Е. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2015. Т.2. №1. С. 170-174.
4. Исследование влияния провалов напряжения в системе внутриводского электроснабжения завода «ММК METALURJI» на работу главных электроприводов стана горячей прокатки / Николаев А.А., Денисевич А.С., Ложкин И.А., Тухватулин М.М. // Электротехнические системы и комплексы. 2015. №3 (28). С. 8-14.

УДК 621.313

В.А. Шведчиков, Р.Г. Мугалимов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ФЛОТАЦИОННЫХ МАШИН ОАО «УЧАЛИНСКИЙ ГОК»

Аннотация. *Исследованы потери активной мощности в системе электроснабжения участка флотации медных руд горно-обогатительного предприятия. Рассмотрены варианты снижения потерь активной мощности при использовании для привода флотационных машин традиционных асинхронных двигателей и асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности. При исследовании учитываются номинальные данные электродвигателей, коммутационной и защитной аппаратуры, параметры кабельных линий, коэффициенты загрузки электрооборудования, температура окружающей среды. Исследование показало, что применение вместо традиционных асинхронных двигателей, обладающих сравнительно низким коэффициентом мощности, асинхронных двигателей с индивидуальной компенсацией реактивной мощности, обладающих коэффициентом мощности равным единице, возможно повышение энергоэффективности технологического участка на 2,8-3%. Асинхронные двигатели с индивидуальной компенсацией реактивной мощности, имеющие класс энергоэффективности IE1 и коэффициент мощности равным единице, эквивалентны по*

энергосбережению традиционным асинхронным двигателям, имеющие класс энергоэффективности IE2. Результаты исследований рекомендуются службам главных энергетиков горных и горно-обогатительных и других предприятий, использующих асинхронные двигатели.

Ключевые слова: электроэнергия, асинхронный двигатель, электрическая мощность, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности, энергоэффективность, горно-обогатительные предприятия.

Повышение энергоэффективности производства является основной движущей силой продукции на рынок. Обогащение горнорудного сырья, является энергозатратной технологией. В ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат» (ГОК) осуществляется добыча и обогащение медных руд. Объем производства продукции составляет 6-6,3 млн. т. в год.

В технологии обогащения исходного сырья наиболее энергоемким является операция флотации. Главным технологическим оборудованием, реализующим эту операцию, является флотационные машины и насосы, приводимые в движение традиционными асинхронными электродвигателями (ТАД). Установленная мощность электродвигателей исследуемого участка флотации составляет 7856 кВт, режим работы длительный – до 700÷720 часов в месяц, коэффициент загрузки двигателей по мощности составляет не менее 75÷85%, средневзвешенный коэффициент мощности $\cos\varphi = 0,8 \div 0,85$. На ГОК имеется несколько участков флотации, суммарная мощность которых составляет 38-40 МВт. Главным показателем энергоэффективности асинхронных двигателей является их класс энергоэффективности. По международному стандарту IEG 60034-30 энергоэффективность асинхронных электродвигателей оценивается тремя классами: IE1-низкий, IE2-высокий, IE3- Премиум. Номинальный КПД ТАД класса IE1, в зависимости от номинальной мощности и частоты вращения, находится в диапазоне 75-91%, класса IE2 – 80-94%, класса IE3 – 83-95%, при среднем $\cos\varphi = 0,85 \div 0,9$.

Практически все электроприводы рабочих машин и механизмов горно-обогатительных предприятий Российской Федерации, созданных в период СССР, оснащены ТАД с низким классом энергоэффективности IE1. В соответствии с Федеральным Законом РФ об энергосбережении предусматривается с 2017 года прекращение производства и применения ТАД низкого класса энергоэффективности IE1.

Повышение класса энергоэффективности с IE1 до IE2, IE3 европейскими электромашиностроителями достигается увеличением массы активных материалов – электротехнической стали, меди, алюминия, повышением их качества, а также применением новых электроизоляционных материалов и энергоэффективных подшипников. Это существенно, до 30%, увеличивает себестоимость электродвигателей класса IE2, IE3.

В Российской Федерации в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», ООО «НИОКБ Энергосбережение», ООО «МГТУ-Энергосбережение +» разработана, исследована, испытана и внедрена технология создания энергоэффективных асинхронных двигателей (ЭАД), не путем увеличения массы активных материалов, а путем индивидуальной компенсации реактивной мощности двигателя и достижения его $\cos\varphi = 1,0$.

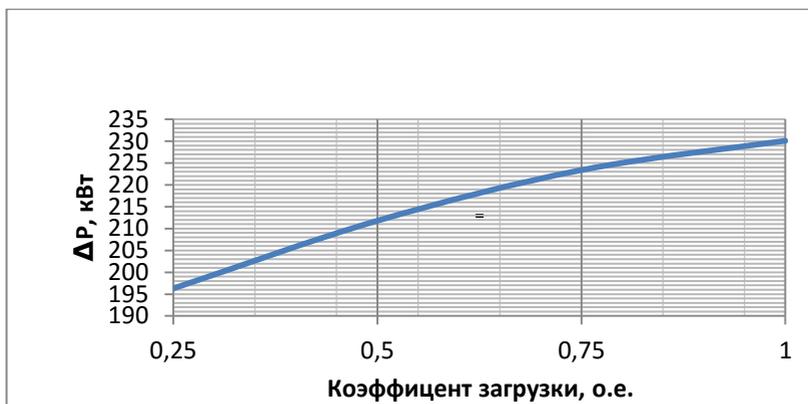
Целью данной работы является количественная оценка потери электрической энергии на технологическом участке флотации при использовании в качестве электроприводов ТАД и ЭАД и разработки мероприятий по повышению энергоэффективности технологического участка флотации горно-обогатительного комбината.

Постановка задачи. Электроприводы исследуемого участка флотации оснащены ТАД. На участке имеются 50 единиц ТАД. Насосы: с двигателями мощностью 22 кВт - 2 шт., 30 кВт – 14 шт., 55 кВт – 5 шт. Флотационные машины с ТАД мощностью: 30 кВт-13 шт., 37 кВт – 8 шт., другое оборудование с электродвигателями 45 кВт – 8 шт. Суммарная установленная мощность составила 7856 кВт. Средний $\cos\phi$ электродвигателей составляет 0,8. Реактивная мощность, потребляемая ТАД составляет 4713 кВАр, полная мощность – 9100 кВА.

Задача заключается в количественной оценке потери активной мощности при использовании ТАД, обладающих $\cos\phi=0,8\div 0,9$, и от использования ЭАД, обладающих $\cos\phi=1,0$. Условия, допущения и ограничения. При решении задачи учитывались следующие условия: реальные длины кабельных линий; сопротивление коммутирующей и защитной аппаратуры; температура окружающей среды; режим работы электроприводов; коэффициент загрузки; номинальные данные двигателей и их КПД, $\cos\phi$ соответствующие коэффициентам загрузки. Приняты следующие допущения: не учитывается изменение параметров АД в функции времени и нелинейность магнитных систем; аварийные остановки технологических механизмов. При решении задачи наложены ограничения: коэффициент загрузки, K_z , электродвигателей изменяется в диапазоне $0,25\div 1,0$, с шагом 0,25; температура окружающей среды принята равной 25°C, допустимая температура нагрева двигателей 75°C; жилы кабелей – алюминиевые; линейное напряжение системы электроснабжения 380 В.

В ходе решения задачи использовались общеизвестные математические зависимости: сопротивление кабельных линий рассчитываются по выражению $R_{кл} = R_k * K_Q * K_{конт}$, где $R_k = \rho * l/S$; $K_Q = (1 + \alpha * (Q_{75} - Q_{20}))$; α температурный коэффициент материала жил кабеля; $K_{конт}=1,12$ – коэффициент учитывающий увеличение сопротивления цепи за счет коммутирующей и защитной аппаратуры. Снижение потерь мощности от применения ТАД и ЭАД определяются разницей $\Delta P = P_{1ТАД} - P_{1ЭАД}$, где $P_{1ТАД}$, $P_{1ЭАД}$ – потребляемые мощности вариантов электродвигателей. $P_{1ТАД} = K_z P_{2нТАД} / \eta + \Delta P_k$; $P_{1ЭАД} = K_z P_{2нЭАД} / \eta + \Delta P_k$; $\Delta P_k = 3 * I_1^2 * R_{кл}$. Рассчитывались потери активной мощности от реактивных и активных токов.

Результаты исследований приведены на рисунке в виде графика снижения потерь активной мощности ΔP от коэффициента загрузки электродвигателей.



Снижение потерь активной мощности от коэффициента загрузки двигателей для сравниваемых вариантов электроприводов

Выводы. Исследование показало, что замена электроприводов механизмов флотационного участка с ТАД на ЭАД позволит уменьшить потери активной мощности в диапазоне реальных коэффициентов загрузки 0,75÷1,0 на 223-230 кВт. Это даст годовую экономию электроэнергии на одном флотационном участке 1,8–1,9 млн. кВт·ч. При среднем тарифе за 1 кВт·ч равным 2,2 руб. ожидаемый экономический эффект составит 3,9–4,2 млн. рублей

Список литературы

1. Мугалимов Р.Г. Асинхронные двигатели с индивидуальной компенсацией реактивной мощности и электроприводы на их основе: монография. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 250 с.

УДК 621.313.337.6

Р.Г. Мугалимов, А.И. Боков, А.Р. Мугалимова

ШАХТНЫЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Аннотация. В работе излагаются требования, назначение, конструкция, система управления, контроля изоляции и сигнализации состояния шахтного осветительного аппарата. Приведены структурная и электрическая схемы аппарата. Отражены особенности блока электронного контроля изоляции аппарата и технологической нагрузки. Предложена электрическая схема блока контроля изоляции, позволяющая устанавливать в широком диапазоне величину минимально-допустимого сопротивления изоляции. Изготовлен и испытан опытно-промышленный вариант шахтного осветительного аппарата.

Ключевые слова: аппарат осветительный шахтный, шахта, освещение, трансформатор, контроль изоляции, электрические схемы, защита электрооборудования.

Состояние проблемы. В Российской Федерации имеются 3-4 предприятия, изготавливающие аппараты осветительные шахтные (АОШ). В основе АОШ используется силовой сухой трехфазный трансформатор номинальными данными: мощностью: 2,5; 4,0; 5,0; 6,3 кВА; первичным напряжением 380/660В, вторичным – 127/220В; число отводящих фидеров для подключения осветительной нагрузки от 1 до 3. АОШ снабжены электронной системой контроля изоляции аппарата и осветительной нагрузки. АОШ эксплуатируется в системах электроснабжения с изолированной нейтралью в условиях повышенной влажности, запыленности и механических воздействий, что существенно влияет на состояние электрической изоляции и безопасность персонала. Одной из ключевых проблем конструкции АОШ является обеспечение заданной селективности системы контроля изоляции, при общей ее высокой надежности[1]. В этой связи имеется дилемма в повышении надежности АОШ по контролю изоляции, при сохранении общей себестоимости изделия.

В работе поставлены цель и задача повышения чувствительности и возможности плавного регулирования в широком диапазоне величины уставки минимально-допустимого сопротивления изоляции. Поставленные цель и задача реализуются следующими техническими решениями. На рис. 1 приведена структурная схема электрической части АОШ, где: QF1 – силовой автомат с независимым электронным расцепителем; TV1 – силовой сухой трехфазный трансформатор; QF2 – QF4 – автоматы отходящих фидеров; XT1 – клеммы ввода сети 380/660В, XT2 – XT4 – клеммы отходящих фидеров 127/220В; ЭБУКС – блок управления, контроля изоляции и сигнализации. Обмотки трансформатор TV1 в зависимости от напряжения системы электроснабжения предприятия и напряжения осветительной аппаратуры могут соединяться в схемы «треугольник» или «звезда».

Схема контроля изоляции предусматривает возможность перед включением фидерных автоматов QF2 – QF4 провести проверку исправности ЭБУКС, работоспособности цепи независимого расцепителя автомата QF1 и сопротивления контура «земля». Для этого оперативный персонал кнопкой SV1 искусственно создает контур протекания тока через диагностическое заземляющее устройство «ДЗ» – «З», имитирующий снижение сопротивления изоляции. При этом автомат QF1 должен отключиться. При исправности ЭБУКС, работоспособности цепи независимого расцепителя автомата QF1 и наличия контура «земля» разрешается включать фидерные автоматы QF2 – QF4.

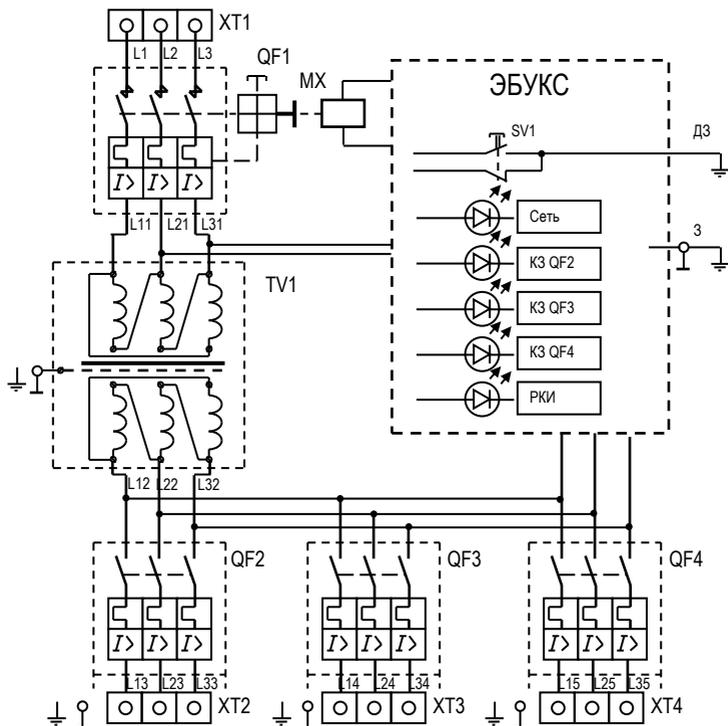


Рис.1. Структурная схема электрической части АОШ

На рис. 2 приведен фрагмент схемы блока ЭБУКС, отвечающий за контроль изоляции. Схема содержит трехфазный мостовой выпрямитель на диодах VD1-VD6. Последовательно с диодами включены резисторы R1-R6, которые задают начальные токи через измерительную цепь. В отличие от типовых решений, требующих для регистрации малых токов утечки активных электронных компонентов, увеличивающих себестоимости АОШ, в измерительной цепи блока включено по дифференциальной схеме двухобмоточное реле K1. Одна из ветвей измерительной цепи соединена с заземляющим устройством «З». При отсутствии токов утечки через изоляцию магнитные поля катушек K1.a и K2.b компенсируются. При снижении сопротивления изоляции появляется контур протекания тока «фаза» – «З», при этом симметрия токов через измерительную цепь реле K1 нарушается, магнитное поле реле возрастает, что приводит к его срабатыванию и отключению автомата QF1. Требуемая высокая чувствительность схемы обеспечивается за счет начального дисбаланса токов через обмотки реле K1, который задается подстроечным резистором R8. Конденсатор C1 обеспечивает селективность измерительной цепи, фильтруя электромагнитные помехи.

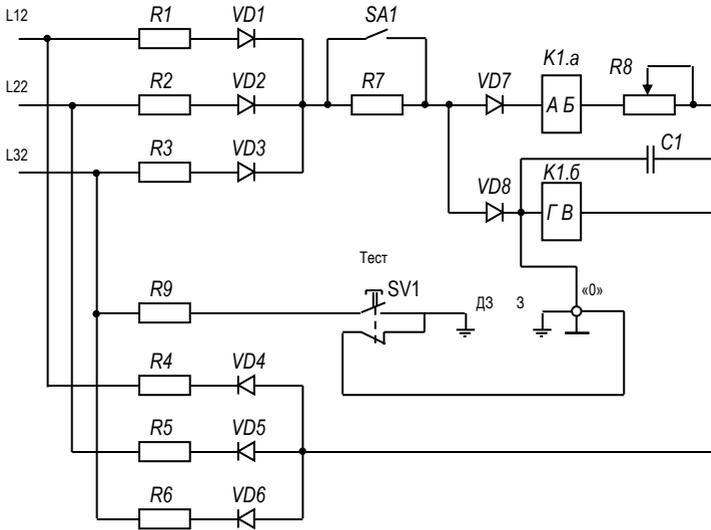


Рис. 2. Фрагмент электрической схемы контроля изоляции АОШ

Диагностическая земля «ДЗ» позволяет контролировать сопротивление контура земли при тестировании работоспособности устройства. Резистор R9 имитирует ток утечки через контур «фаза – ДЗ – 3 – измерительная цепь». Ключ SA1 обеспечивает выбор напряжения осветительной системы 127 или 220 Вольт.

Вывод. Опытно-промышленные испытания разработанного варианта АОШ показали возможность контролировать снижение сопротивление изоляции в диапазоне от 1,5 до 20 кОм. Разработка рекомендуется для применения на горно-обогатительных и других промышленных предприятиях, использующих системы электроснабжения с изолированной нейтралью.

Список литературы

1. Назаров А.И. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий. Кировск, 2015. [URL:http://www.htk.edu.ru/lib/el_obor&el_snabl.pdf](http://www.htk.edu.ru/lib/el_obor&el_snabl.pdf) (дата обращения 17.03.16)

Р.Г. Мугалимов, Р.А. Закирова, А.Р. Мугалимова

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ТРУДОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА МОДЕРНИЗАЦИЮ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОВЫШЕНИЕМ ИХ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Аннотация. В работе излагается алгоритм оптимизации затрат на модернизацию асинхронных двигателей с повышением их класса энергоэффективности при капитальном ремонте электрической машины в условиях электроремонтного предприятия. Приведены блок-схема алгоритма расчета и оптимизации себестоимости модернизации. Алгоритм предусматривает два варианта оптимизации. Первый вариант предусматривает минимизацию затрат на модернизацию при «срочном» ремонте с привлечением максимального числа исполнителей. Второй вариант реализует минимизацию затрат при ограниченном числе исполнителей. Показано, что первый вариант минимизации приводит к увеличению трудозатрат на 20-25 %. Второй вариант минимизации позволяет уменьшить себестоимость модернизации на 5-7 % за счет рационального использования трудовых ресурсов.

Ключевые слова: математическая модель, алгоритм, расчет, оптимизация, программа для ЭВМ, технология, ремонт, модернизация, асинхронный двигатель, стоимость, энергоэффективность.

Состояние проблемы. Энергоэффективность асинхронных двигателей (АД) по международному стандарту IEG600304-30 оценивается классом энергоэффективности: низкий класс IE1, высокий класс IE2, IE3 – премиум. АД низкого класса энергоэффективности имеют КПД 85-91 %, высокий класс энергоэффективности IE2, IE3 обладают КПД 87-95 %. Повышение класса энергоэффективности АД в европейских странах достигается увеличением массы активных материалов – электротехнической стали, меди и алюминия. Повышение КПД АД на 1,5-3 % достигается увеличением веса электротехнической стали на 30-35%, меди – на 20-25 %, алюминия – на 10-20 %. Это, естественно, повышает себестоимость и рыночную цену электрической машины. Для российского потребителя становится обременительно покупать зарубежные двигатели, однако отечественные производители АД продолжают выпускать двигатели низкого класса энергоэффективности IE1. В ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», ООО НИИОКБ «Энергосбережение», ООО «МГТУ-Энергосбережение +» разработаны конструкция и технология повышения класса энергоэффективности традиционных асинхронных двигателей (ТАД), а также программный комплекс, позволяющий оптимизировать себестоимость создания энергоэффективных асинхронных двигателей (ЭАД) [1,2].

Цель работы. В работе поставлена цель и задача создания компьютерной программы для оценки затрат на модернизацию ТАД в ЭАД и обоснования целесообразности модернизации.

Метод решения задачи. Поставленная задача решается путем двух вариантов оптимизации:

1) оптимизация по варианту 1 предусматривает минимизацию трудовых и материальных затрат для заданного времени ремонта (T_3) - так называемого, «срочный ремонт»;

2) оптимизация по варианту 2 предусматривает минимизацию трудовых и материальных затрат при среднестатистическом времени ремонта, T_{cp} .

В основу алгоритма расчета и оптимизации себестоимости модернизации ТАД в ЭАД положена технология и математические модели затрат, изложенные в [3].

Результаты решения задачи. Блок-схема расчета и оптимизации себестоимости модернизации ТАД в ЭАД представлена на рисунке 1, детализация блоков оптимизации представлены на рисунке 1, а, б.

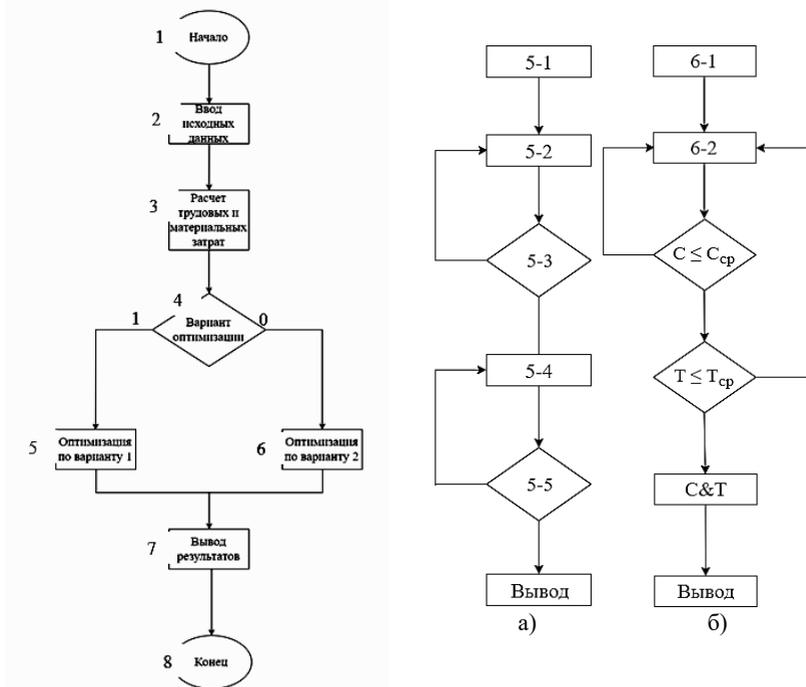


Рис. 1. Блок-схемы алгоритмов расчета и оптимизации:
а) – варианту 1; б) – варианту 2

Алгоритма блока оптимизации по варианту 1 (блок 5) реализует следующие функции: в блоке 5-1 – осуществляется формирование вариантов сетевых моделей ремонта ТАД (модернизации ТАД в ЭАД) по критерию минимума себестоимости для заданного времени, T_3 ; в блоке 5-2 осуществляется расчет критического времени T_{ki} выполнения i -той технологической операции, а также всего ремонта и расчета себестоимости C_i по i -тым технологическим операциям всех вариантов сетевых моделей; в блоке 5-3 осуществляется выбор наилучшего варианта сете-

вой модели, обеспечивающего минимум времени ремонта, т.е. осуществляется выбор критического времени ремонта

$$T_K = \sum_{i=1}^{i=n} T_{Ki} \leq T_3,$$

где n – число технологических операций.

В блоке 5-4 осуществляется расчет трудовых C_T и материальных C_M затрат и их сумма $C = C_T + C_M$ для выбранного критического пути ремонта; в блоке 5-5 осуществляется сравнение суммарных затрат себестоимости C со среднестатистическими затратами C_{cp} на ремонт, рассчитанных в блоке 3. Если $C > C_{cp}$, расчет возвращается в блок 5-4 для минимизации трудовых ресурсов. Если $C \leq C_{cp}$, он принимается за оптимальный, и результаты подаются на вывод, блок 7.

При оптимизации по варианту 2: в блоке 6-1 – осуществляется формирование вариантов сетевых моделей ремонта (модернизации) по критерию минимума себестоимости при среднестатистическом времени ремонта; в блоке 6-2 осуществляется расчет себестоимости $C = C_T + C_M$ и продолжительности ремонта T по вариантам сетевых моделей; в блоке 6-3 осуществляется выбор наилучшего варианта сетевой модели, обеспечивающего минимум себестоимости при среднестатистическом времени ремонта. Если $C > C_{cp}$, расчет возвращается в блок 6-2. Если $C \leq C_{cp}$ и время ремонта $T < T_{cp}$, он принимается за оптимальный и осуществляется вывод результатов, блок 7.

Выводы

1. Оптимизация по варианту 1 для заданного времени ремонта (T_3) – ведет увеличению трудозатрат C_T от 20 до 35%; оптимизация по варианту 2 позволяет уменьшить себестоимость ремонта (модернизации) на 5-7 % за счет рационального использования трудовых ресурсов;

2. Разработка рекомендуется для специалистов электромашиностроительных и электроремонтных предприятий.

Список литературы

1. Мугалимов Р.Г. Асинхронные двигатели с индивидуальной компенсацией реактивной мощности и электроприводы на их основе: монография. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 250 с.
2. Мугалимов Р.Г., Мугалимова А.Р. Технология реконструкции традиционных асинхронных двигателей на энергосберегающие варианты // Электронный журнал «Машиностроение» Russian Internet Journal of Industrial Engineering. 2013. №1.
3. Мугалимов Р.Г., Закирова Р.А., Мугалимова А.Р. Программный комплекс для расчета и оптимизации себестоимости традиционного капитального ремонта и ремонта с повышением класса энергоэффективности асинхронных электродвигателей. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016610278, зарегистрирован в Реестре программ для ЭВМ 11.01.2016 г.

Е.А. Ильина, А.В. Молчанова

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В РАМКАХ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТИПЕНДИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ»

***Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос возможности получения студентами стипендии по нормативу № 945 от 18 ноября 2011. Произведен анализ норматива, системы критериев по видам деятельности. Вследствие чего появилась потребность в автоматизации процесса подачи документов и разработке программного продукта.*

***Ключевые слова:** стипендия, денежные выплаты, повышенная стипендия, автоматизация, программный продукт, LMS Moodle.*

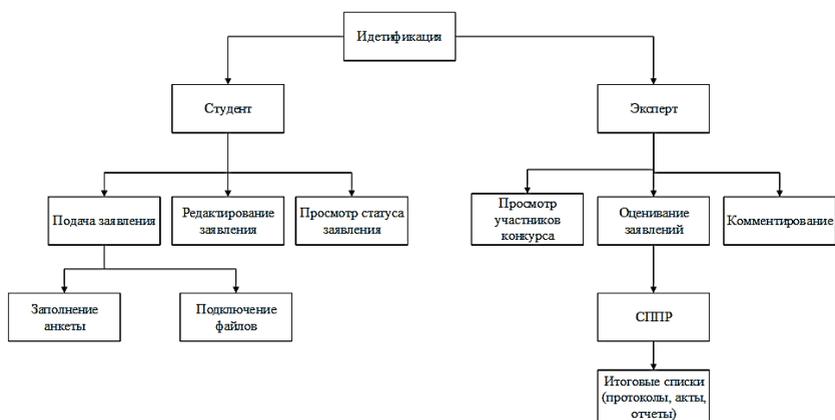
Законодательством Российской Федерации 18 ноября 2011 разработан норматив № 945 «О порядке совершенствования стипендиального обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования» [1]. По этому нормативу регламентировался новый вид стипендии, так называемая повышенная стипендия.

Такая стипендия выплачивается не каждому студенту, а только тем, которые обладают отличием не только в учебе, но и в других сферах деятельности, являющиеся важными для вуза. Как правило, к ним относится спорт или научные исследования, творческая или общественная деятельность [2 – 5].

Для принятия решения по назначению «повышенной» стипендии создается специальная комиссия, состоящая из экспертов. Такая комиссия принимает решение, основываясь на документах, подготовленных студентом. Из этого возникает проблема – большое количество документов, подаваемых студентом, предполагает длительную их обработку комиссией, вследствие этого, процесс принятия решения замедляется. Поэтому проанализировав систему критериев по видам деятельности на назначение «повышенной» стипендии было принято решение создать систему, которая могла бы решить эту проблему [6].

Система поддержки принятия решение в вузе предназначена для автоматизации процесса назначения стипендии по нормативу № 945 от 18 ноября 2011. Критерии имеют сложную структуру именно поэтому для упрощенной работы с ними и структурирования данных создается эта система.

Динамичное развитие информационных технологий и сети Интернет открывает широкие возможности не только для образования, но и для сторонних целей. Все большая роль отводится электронному обучению и дистанционным образовательным технологиям. В связи с этим реализация такого комплекса будет выполняться с помощью такой системы дистанционного обучения как LMS Moodle [7 – 9]. Основные модули системы представлены на рисунке.



Модуль «Идентификация» определяет вид пользователя, который зашел в систему. Это модуль включает в себя еще два подмодуля – «Студент» и «Член комиссии».

Модуль «Студент» состоит из «Поддачи заявлений», где студент вводит данные по выбранной деятельности и загружает файлы, подтверждающие причастность к определенному виду деятельности и подмодуль «Редактирование заявки» студент может изменить свое заявления на конкурс. Так же студент может просматривать статус заявления, в котором находится заявление.

Модуль «Эксперт» может проверять каждого заявления на назначение стипендии в подмодуле «Оценивание заявлений». При необходимости члены комиссии могут оставлять комментарии.

Модуль системы поддержки принятия решения выполняет пересчет баллов на основе решения комиссии и предоставляет в модуль «Итоговые списки» списки студентов.

Реализация такого комплекса позволит повысить эффективность работы стипендиальной комиссии и сократит время необходимое для формирования итогов документов или протоколов. Автоматизация процесса назначения «повышенной» стипендии позволяет избавиться от большого количества бумажных документов, повышает прозрачность учебного центра, облегчает координацию действий, выполняемых комиссией, учащимися, административными сотрудниками [10–18].

Список литературы

1. Постановление № 945 «О порядке совершенствования стипендиального обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования».
2. Артемова И.В. Учет стипендиального обеспечения студентов, аспирантов, докторантов // Советник в сфере образования. 2012. № 4. С. 48-57.
3. Порфирьева А.В. Методика контроля за расчетами с обучающимися в образовательных учреждениях среднего профессионального образования чувашской республики // Современные проблемы науки и образования. 2012. №2. С. 317.

4. Колокольцев В.М. Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. История. Развитие // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. №1. С. 5-6.
5. Колокольцев В.М. Пять лет от аттестации до аттестации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2008. №1. С. 5-11.
6. СМК-О-СМГТУ-07-15. Стипендиальное обеспечение и другие формы материальной поддержки обучающихся ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2015.
7. Ильина Е. А., Кухта Ю.Б., Сердобинцев А. М. Проектные решения для разработки программного модуля математической обработки результатов тестирования // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2011. № 1-2. С.234-241.
8. Ильина Е. А., Егорова Л.Г., Дьяконов А.В. Технология тестирования знаний студентов с использованием системы Moodle // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2011. № 1-3. С. 166-172.
9. Молчанова А.В., Хафизов А.Р., Мяловский В.А. О проблеме начисления денежных выплат студентам ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Ab ovo ... (С самого начала...). 2015. №1. С.80-81.
10. Усцелемова Н.А. Актуальность разработки автоматизированной системы экспертной оценки физического развития и состояния здоровья студентов вуза // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2015. №2. С. 57-58.
11. Логунова О.С. Информационное обеспечение выплат студентов ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2015. №1. С. 75-76.
12. Ильина Е.А., Цайтлер Е.А., Курамшин Р.Я. Экспертная оценка упражнений по спортивной акробатике // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я, 2012. С. 9.
13. Ильина Е.А., Молчанова А.В., Мяловский В.А. Об информационно обеспечении денежных выплат студентам в ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Тези доповідей ХХ міжн. науково-практичної конференції, Ч.ІІІ. -Харків: НТУ «ХПІ», 2015. -с. 34.
14. Ильина Е.А., Молчанова А.В., Мяловский В.А. Денежные выплаты спортсменам в ФГБОУ ВПО «МГТУ» // Современные проблемы физической культуры, спорта и туризма: инновации и перспективы развития. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. С. 116-119.
15. Разинкина Е.М., Ильина Е.А. Профессиональная подготовка в МГТУ им. Г.И. Носова с использованием сетевой формы реализации образовательных программ и электронного обучения // Металлург. 2014. № 4. С. 8-12.
16. Логунова О.С. Структуризация лексикографической информации при разработке программного обеспечения // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2014. №1. С. 87-91.
17. Визуализация результатов научной деятельности / О.С. Логунова и др. Магнитогорск, 2015. 85 с.
18. Нургалина Р.Е. Принятие решений при измерении уровня рефлексии в системе дистанционного обучения // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2012. № 1-2. С. 250-256.

К.И. Дубовских, И.М. Ячиков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ВЫДАВАЕМЫХ ИПОТЕЧНЫХ КРЕДИТОВ БАНКОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОЦЕНТНОЙ СТАВКИ

***Аннотация.** Повышение эффективности размещения денежных средств тесно связано с вопросом прогнозирования объёма выдаваемых банком ипотечных кредитов. Для построения модели объёма выдаваемых кредитов использовались данные Банка «КУБ» (АО) в период с января 2013 по февраль 2016 года. Методом наименьших квадратов получена экспоненциальная модель с фиктивными переменными объёма выдаваемых ипотечных кредитов от процентной ставки и месяца выдачи кредита.*

***Ключевые слова:** метод наименьших квадратов, ипотечный кредит, процентная ставка, коммерческий банк.*

В настоящее время моделированию кредитного портфеля банка уделяется мало внимания, потому что часто банки принимают решения о процентной ставке по кредитам на основе модели следования за лидером или исходя из текущих потребностей, при этом эффективность такого процесса, как показывает практика, является низкой. Безусловным лидером банковского рынка Российской Федерации является Сбербанк России, так как именно он диктует рынку процентные ставки по кредитам и депозитам. При потребности размещения средств банки опускают процентные ставки относительно Сбербанка, а повышение ставок гарантирует отсутствие добросовестных заёмщиков.

Моделирование кредитного портфеля банка является важной частью процесса принятия управленческих решений, так как без возможности оценить объём выдаваемых кредитов и объём гашений по договорам невозможно спрогнозировать результат деятельности банка.

Целью работы является определение основных факторов и оценка степени их влияния на объём выдаваемых кредитов и разработка модели, описывающей зависимость объёма выдаваемых кредитов за месяц от основных факторов.

Для построения модели объёма выдаваемых кредитов использовались данные Банка «КУБ» (АО) в период с января 2013 по февраль 2016 года. В анализе брались данные по потребительским и ипотечным кредитам. Кредиты под залог автомобиля исключены из рассмотрения из-за низкого кредитного портфеля банка, а также наличия государственного субсидирования, что не позволяет достоверно оценить зависимость объёма выданных от величины процентной ставки. Данные за рассмотренный период по объёму выдаваемых ипотечным кредитам приведены на рис. 1.

Основными факторами, оказывающими влияние на объём выдаваемых кредитов, являются процентная ставка, а также месяц выдачи, т.е. явно прослеживается сезонная компонента. Например, выдачи кредитов в декабре традиционно гораздо ниже среднегодовых значений.

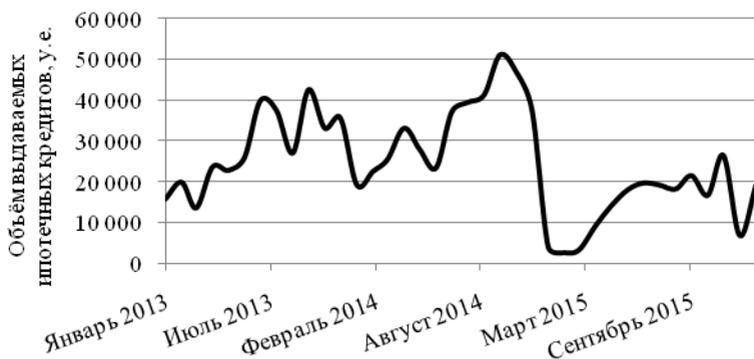


Рис. 1. Объём выдаваемых ипотечных кредитов в период с января 2013 г. по февраль 2016 г.

Размер процентной ставки оказывает нелинейное влияние на объём выдаваемых кредитов, так для ипотечных кредитов ставка равная 16% годовых является практически заградительной и объём выдач при такой ставке стремится к нулю. Из рис. 2 можно предположить экспоненциальную зависимость – при сокращении процентной ставки объём выдаваемых кредитов резко возрастает.

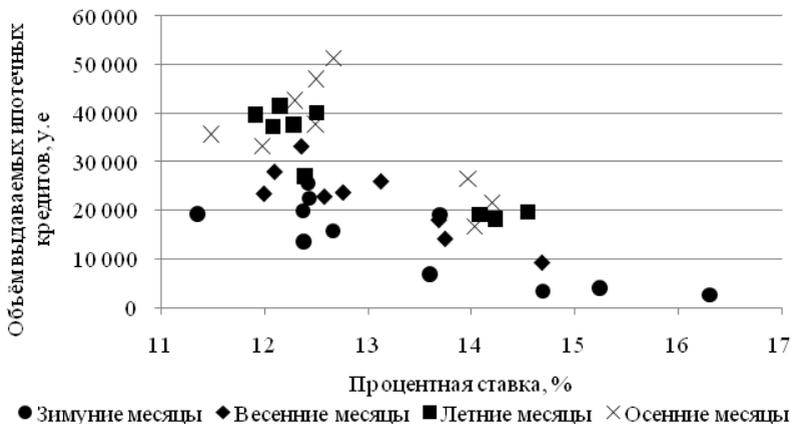


Рис. 2. Зависимость объёма выдаваемых ипотечных кредитов от процентной ставки

Этому могут быть следующие причины:

- клиенты банка оценивают переплату за пользование кредитом, чем она меньше, тем больше желающих не откладывать покупку, а воспользоваться предложением банка;

- размер процентной ставки влияет на величину ежемесячного платежа, чем она ниже, тем больше клиентов могут позволить себе взять кредит;
- процентная ставка является индикатором состояния экономики, чем она выше, тем хуже благосостояние людей и тем меньше у них возможностей взять кредит.

Для построения модели использовалась модель нелинейной регрессии с фиктивными переменными, которые отражают анализируемый месяц. Объем выдаваемых ипотечных кредитов $Y = a_0 \cdot e^{b \cdot X} \cdot a_1^{s_1} \cdot a_2^{s_2} \cdot a_3^{s_3} \dots \cdot a_{11}^{s_{11}}$, где X – средняя процентная ставка по выданным ипотечным кредитам за месяц; a_0, \dots, a_{11} и s_0, \dots, s_{11} – фиктивные переменные, соответствующие месяцам года. Прологарифмируем выражение, получим:

$$\ln(Y) = \ln(a_0) + b \cdot X + s_1 \cdot \ln(a_1) + s_2 \cdot \ln(a_2) + \dots + s_{11} \cdot \ln(a_{11}).$$

В результате применения метода наименьших квадратов было получено уравнение [1]:

$$Y = 7192452 \cdot e^{-0,4318 \cdot X} \cdot 0,3974^{s_1} \cdot 0,6298^{s_2} \cdot 0,4281^{s_3}.$$

В него включены только значимые на уровне 0,05 переменные. Коэффициент детерминации составляет 0,83, уравнение регрессии значимо на уровне 0,00001.

Из полученного уравнения можно сделать вывод о том, что в первые три месяца года (видимо это связано с наличием праздников) клиенты берут значительно меньше кредитов, и поэтому в уравнении присутствуют соответствующие поправки к общей характерной экспоненциальной зависимости.

Адекватность построенной модели проанализирована на рис. 3. Из него можно сделать вывод о неплохом описании моделью основных закономерностей. Кроме этого, так же можно сделать вывод о влиянии случайной компоненты и иных факторов, которые не попали в модель. Средняя абсолютная процентная ошибка MAPE составила 19%, что говорит о хорошей предсказательной силе модели [2].



Рис. 3. Фактические и рассчитанные по модели объемы выдач ипотечных кредитов

Таким образом, установлено, что на объём выдаваемых ипотечных кредитов наибольшее влияние оказывает процентная ставка по кредитам, а также месяц выдачи кредита. Получена экспоненциальная модель с фиктивными переменными, которая адекватно описывает объём выдаваемых ипотечных кредитов.

Список литературы

1 Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики: учеб. для вузов. М. : ЮНИТИ, 1998. 1005 с.

2 Анализ временных рядов и прогнозирование: учеб. пособие / М.В. Бушманова, Т.А. Иванова, Г.Е. Мельникова, Р.А. Реент, В.Ш. Трофимова. Магнитогорск, 2009. 149 с.

УДК 62-503.57

С.М. Андреев, М.С. Галдин

УПРЕЖДАЮЩАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ ВАЛКОВОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА

Аннотация. В работе рассмотрен синтез системы управления тепловым режимом разливки стали на валковом литейно-прокатном агрегате. Предложена структурная схема и алгоритм работы упреждающей системы управления, использующей в своей основе математическую модель процесса. Выполнено моделирование работы системы управления в динамических режимах работы агрегата при внешних контролируемых и неконтролируемых воздействиях.

Ключевые слова: валковая разливка стали, упреждающее управление, математическое моделирование, управление по модели.

Технология валковой разливки стали, основанная идее прямого совмещения процессов литья и прокатки с использованием первородного тепла заготовки, является одной из самых перспективных на сегодняшний день [1].

Особое внимание при производстве металлопродукции на валковых литейно-прокатных агрегатах (ВЛПА) необходимо уделять системе управления тепловым режимом для согласования процессов литья и прокатки, а также реализации технологии контролируемой прокатки без использования установок подогрева полосы.

Разливка стали на ВЛПА характеризуется большим транспортным запаздыванием и высокой динамикой с малой инерционностью, что значительно затрудняет процесс управления. Также к специфическим особенностям данной технологии, оказывающим негативное влияние на управление и устойчивость, относятся нелинейность и сложность математической модели теплового режима разливки [2], а также распределенность технологических параметров с жестко накладываемыми на них ограничениями.

Для управления тепловым режимом валковой разливки стали предлагается использовать упреждающую систему управления, относящуюся к классу поисковых и использующую в своей основе математическую модель процесса.

Принцип упреждающего управления на основе модели базируется на идее применения модуля прогнозирования для определения ожидаемых состояний объекта управления в будущем. В качестве модуля прогнозирования в предложенной системе выступает модель объекта управления, использующая как прошедшие, так и текущие значения управляющих, задающих и контролируемых технологических параметров [3].

Структурно предлагаемая система управления тепловым режимом валковой разливки стали состоит из двух основных блоков – блока оптимизации и управления (БОУ) и блока слежения и настройки (БСН).

БОУ выполняет функции поиска оптимальной скорости разливки V в соответствии с текущим заданием среднemasсовой температуры полосы перед прокаткой. Определение управляющего воздействия производится путем решения задачи оптимизации в замкнутом контуре в постоянно удаляющемся горизонте прогноза. Таким образом, управление осуществляется в режиме реального времени. Критерием оптимизации является минимизация целевой функции

$$J(\varepsilon, \Delta V) \rightarrow \min ,$$

где ε ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$) – вектор рассогласований между заданным значением среднemasсовой температуры перед прокаткой и расчетным на каждом интервале горизонта прогноза; ΔV ($\Delta V_1, \Delta V_2, \dots, \Delta V_n$) – вектор изменений скоростей разливки на каждом интервале горизонта прогноза.

БСН выполняет функции контроля соответствия используемых моделей реальным условиям разливки и при необходимости выполняет требуемую корректировку.

Моделирование работы системы в целом производилось в программном комплексе VisSim. В качестве объекта управления использована модель теплового режима валковой разливки стали [3] с теплофизическими параметрами стали, представленными в [4]. Модель производит расчет температурного поля полосы в режиме реального времени в соответствии с параметрами разливки и скоростью, полученной от MPC-регулятора. Выходным параметром модели входным для регулятора является температура поверхности полосы.

При вычислениях были приняты следующие параметры валковой установки:

– радиус разливочных валков $R = 1\,500$ мм, что соответствует параметрам агрегата, функционирующего в г. Крефельд, Германия [5];

– разливаемая сталь Ст3;

– уровень металла в кристаллизаторе 730 мм;

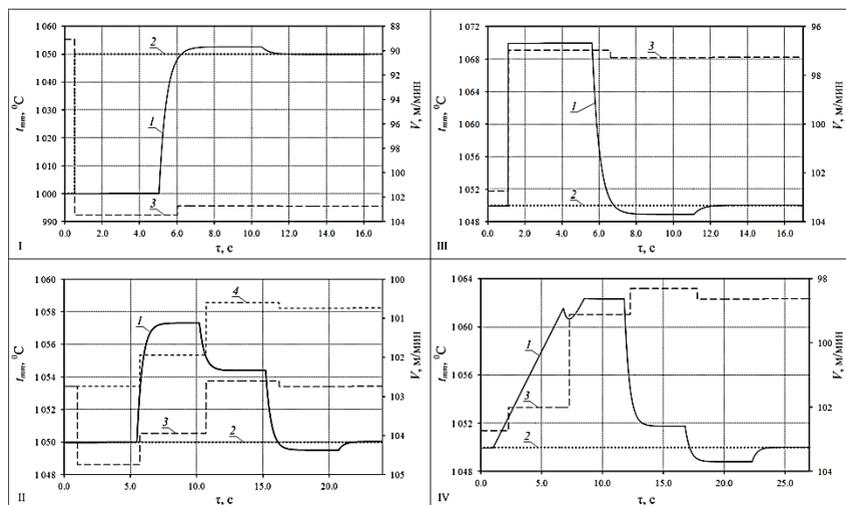
– толщина разливаемой полосы 6 мм;

– общая протяженность зоны от валков кристаллизатора до прокатной клетки 8 м.

Результаты моделирования работы системы управления в виде графиков переходных процессов изменения среднemasсовой температуры полосы t_{mm} перед прокатной клетью и соответствующей ей скорости разливки представлены на рисунке при изменении задания (I), возмущении по каналу управления (II), ступенчатом (III) и линейном (IV) неконтролируемых смещениях статической характеристики.

На основе полученных результатов моделирования процессов управления тепловым режимом валковой разливки стальной полосы можно сделать выводы о том, что предложенная система упреждающего управления обеспечивает устойчивость переходных процессов и достаточную точность регулирования температурой полосы при контролируемых и неконтролируемых внешних воздействиях и наличии значительного транспортного запаздывания, вызванного перемещением полосы от валкового кристаллизатора до прокатной клетки.

Предлагаемая система предназначена для управления тепловым режимом валковой разливки на основе математической модели процесса. Система управления позволяет согласовать температурно-скоростные режимы процессов разливки и прокатки, а также реализовать технологию контролируемой прокатки на ВЛПА за счет получения требуемой среднemasсовой температуры полосы перед прокаткой в динамических режимах работы агрегата при различных внешних воздействиях.



Полученные в результате моделирования переходные процессы:

- 1 – полученная среднemasсовая температура перед прокаткой;
- 2 – заданная среднemasсовая температура перед прокаткой;
- 3 – скорость разливки, приходящая на объект;
- 4 – скорость разливки с MPC-регулятора

Список литературы

- 1 Металлургические мини-заводы / А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, Л.В. Дорохова, А.Ю. Цупрун. Донецк: Норд-Пресс, 2005. 469 с.
- 2 Галдин М.С., Андреев С.М. Исследование теплового режима разливки непрерывнолитых полос по математической модели процесса на валковом литейно-прокатном агрегате // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 2. С. 52-57.

- 3 Галдин М.С., Андреев С.М. Математическая модель теплового режима валковой разливки стали // Мехатроника, автоматизация, управление. 2014. № 10. С. 34-41.
- 4 Андреев С.М., Галдин М.С. Определение коэффициентов аналитических зависимостей теплофизических свойств стали от температуры // Автоматизированные технологии и производства. 2012. №4. С. 118–126.
- 5 Коновалов Ю.В. Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х кн. Кн. 1. Производство горячекатаных листов и полос. М.: «Теплотехник», 2008. 640 с.

УДК 669.1:622

М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова, Е.С. Рябчикова

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ АГЛОМЕРАТА С УЧЁТОМ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОМЕННОГО ПРОЦЕССА

Аннотация: рассмотрены проблемы, связанные с задачами стабилизации качества агломерата. Предложено оперативное управление расходом топлива на спекание с использованием обобщенного параметра, определяемого с использованием комплекса математических моделей для расчета и прогнозирования значений показателей качества агломерата. Для выбора рациональных значений параметров обобщения выполнили численное моделирование процесса управления качеством агломерата с учетом его влияния на оценки эффективности доменного процесса.

Ключевые слова: качество агломерата; управление; доменный процесс.

Известны различные подходы к повышению эффективности управления агломерационным процессом [7-11, 13]. Исторически при решении задачи стабилизации качества агломерата на ОАО «ММК» использовали подход, основанный на усреднении рудных материалов на складе моношихты, которые далее подаются на аглофабрики. Решение задачи усреднения ориентировано на обоснованный выбор расхода известняка и топлива на спекание, поскольку эти показатели, совместно с принадлежностью рудных материалов, чрезвычайно сильно влияют на качество агломерата. Стабилизация качества агломерата, в свою очередь, способствует стабильному ходу доменных печей. В тоже время, подобный подход может быть недостаточно эффективен в условиях нестабильной рудной базы предприятия [5, 12].

Обеспечение стабилизации качества агломерата возможно на основе оперативного управления расходом топлива на спекание, исходя из текущих параметров смеси железорудных материалов, с использованием комплекса математических моделей для расчета и прогнозирования значений показателей качества агломерата.

К показателям качества агломерата относятся: холодная механическая прочность (ТI), восстановимость (RИ), а также прочность после восстановления (RDI). Для их расчета разработаны комплексы пофакторных математических моделей [2-4, 6].

Для организации процесса управления необходимо принять решение о выборе заданного содержания углерода в смеси, исходя из значений каждого из трех показателей качества агломерата (ТI, RИ и RDI). Одним из способов решения задачи является

расчет единого обобщенного параметра управления. Требуемое содержание углерода в смеси выбирается, исходя из условия максимизации такого обобщенного параметра:

$$d_{\Sigma} = \sqrt[3]{d_{TI} \cdot d_{RI} \cdot d_{RDI}} \cdot \quad (1)$$

где $d_{TI} \cdot d_{RI} \cdot d_{RDI}$ – желательность показателей на основе функции Харрингтона $d(x) = \exp(-\exp(-x))$, где x – масштабированное значение показателя качества.

В таблице приведены уровни варьирования при вычислительном эксперименте параметров линейного масштабирования шкал желательности показателей качества. Изменяя параметры масштабирования, можем определять приоритеты между значениями показателей качества.

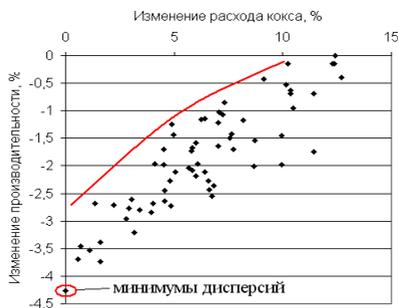
Уровни варьирования параметров масштабирования значений индексов качества

Уровни	TI при $x = -2$	TI при $x = 5$	RI при $x = -2$	RI при $x = 5$	RDI при $x = -2$	RDI при $x = 5$
Уровень 1	30	70	30	60	35	5
Уровень 2	50	90	50	80	55	25

Для выбора рациональных значений параметров масштабирования выполнили численное моделирование процесса управления качеством агломерата с учетом его влияния на оценки эффективности доменного процесса. Для решения этой задачи использовали модель многопараметрических возмущений по параметрам ЖРС.

Для получения оценок влияния управления качеством агломерата на эффективность доменного процесса использовали зависимости производительности и расхода кокса для доменной печи №9 ММК, полученные в [1].

Для набора из шестидесяти четырех, принятых при проведении исследования, вариантов масштабирования шкал желательности рассчитали средние изменения производительности и расхода кокса в доменном процессе (рисунок).



Пример влияния масштабирования индексов качества при управлении расходом топлива на спекание на средний расход кокса и среднюю производительность доменной печи

Из множества полученных результатов можно определить варианты масштабирования обеспечивающие граничные значения возможных комбинаций оценок про-

изводительности и затрат кокса. Также в результате получено, что агломерат, обеспечивающий наибольшую стабильность доменного процесса, соответствует минимумам по производительности и расходу кокса. Получение агломерата, ориентированного на максимум производительности доменного процесса оправдано в случае применения эффективных систем оперативного управления ходом доменных печей.

Список литературы

1. Дмитриев А.Н., Витькина Г.Ю., Чесноков Ю.А. Создание методических основ анализа влияния качественных характеристик железорудного сырья и кокса на технико-экономические показатели доменного процесса // Физическая химия и технология в металлургии: сборник трудов, посвященный 60-летию ИМЕТ УрО РАН. Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук. Екатеринбург, 2015. С. 309-314.
2. Рябчиков, М.Ю. Комплекс моделей автоматизированной системы интеллектуальной поддержки управления качеством металлургического агломерата / М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 2 (8). С. 4-8.
3. Рябчиков, М.Ю. Контроль качества металлургического агломерата с использованием модели восстановимости / М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова, Е.С. Рябчикова // Сталь. 2014. № 2. С. 4-8.
4. Рябчиков, М.Ю. Моделирование комплексного влияния производственных факторов на механическую прочность металлургического агломерата / М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова // Металлург. 2013. № 4. С. 40-47.
5. Гребенникова, В.В. Обзор рентгенофлуоресцентных анализаторов для контроля свойств рудных материалов / В.В. Гребенникова, Н.В. Богданов, М.Ю. Рябчиков, Е.С. Рябчикова // Приборы. 2014. № 11. С. 45-50.
6. Рябчиков, М.Ю. Модель разрушения металлургического агломерата / М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова, Е.С. Рябчикова, Н.В. Богданов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2016. Т. 59. № 3. С. 159-166.
7. Шелухин, В.Ю. Управление очисткой газов агломерационных машин с использованием модели процесса / В.Ю. Шелухин, М.Ю. Рябчиков, Е.С. Рябчикова, Е.Т. Гибаева // Автоматизированные технологии и производства. 2016. № 1 (11). С. 83-87.
8. Парсункин, Б.Н. Оптимизация управления процессом измельчения шихтовых материалов в металлургическом производстве / Б.Н. Парсункин, О.С. Логунова, М.Ю. Рябчиков, Е.С. Рябчикова, Ю.А. Калугин, А.И. Сунаргулова // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 4 (10). С. 14-19.
9. Рябчиков, М.Ю. Исследование влияния угла освещения на качество определения контуров зерен щебня, расположенных в несколько слоев / М.Ю. Рябчиков, Р.Э. Бурнашев, Е.С. Рябчикова, Н.В. Богданов, А.И. Сунаргулова // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 3 (9). С. 18-20.
10. Рябчиков, М.Ю. Обзор существующих систем оперативного управления агломерационным процессом / М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова, Е.С. Рябчикова, Н.В. Богданов, А.И. Сунаргулова // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 3 (9). С. 31-35.
11. Лицин, К.В. Повышение эффективности аглопроцесса в результате автоматизации режима увлажнения аглошихты при окомковании / К.В. Лицин, А.Н.

- Шаповалов // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 3 (9). С. 27-30.
12. Гребенникова, В.В. Статистические оценки степени усреднения химического состава смеси рудных материалов для агломерации в условиях ОАО «ММК» / В.В. Гребенникова, Е.С. Рябчикова, Р.Э. Бурнашев // Автоматизированные технологии и производства. 2014. № 6. С. 37-42.
13. Евстигнеев, В.Л. Исследование целевых функций оптимального управления многостадийным дроблением / В.Л. Евстигнеев, В.В. Гребенникова, Р.Э. Бурнашев // Автоматизированные технологии и производства. 2014. № 6. С. 188-194.

УДК 662.987.2

П.А. Сергеев, Е.Г. Нешпоренко

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ СИДЕРИТОВЫХ РУД

***Аннотация:** в работе проведен анализ затрат теплоты на обжиг сидеритовых руд, представлена возможность замены высококалорийного топлива на низкокалорийный вторичный энергетический ресурс, найдены пределы возможной производительности агрегата обжига сидеритовой руды в рамках «мягкого» обжига.*

***Ключевые слова:** сидеритовая руда, конвертерный газ, «мягкий» обжиг.*

На основе промышленных испытаний, лабораторных исследований, термодинамических расчетов было доказано, что сидеритовые руды могут заменить дорогую руду в шихте и положительно повлиять на технико-экономические показатели работы доменной печи. Результаты подтвердили многие исследователи: Меламуд С.Г., Юрьев Б.П., Леонтьев Л.И., Висухин А.С. и мн.др. [1, 2].

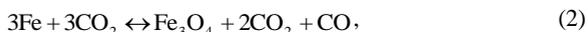
Для получения обожженного концентрата из сырой сидеритовые руды в условиях Бакальского рудоуправления обработку ведут по обжиг-магнитной схеме обогащения, которая сводится к проведению магнетизирующего обжига сырой руды в шахтной печи. Обжигаемая фракция сидеритовой руды 10-60 мм, температура обжига 1000-1100 °С, затраты природного газа на обжиг 1 т = 30 м³/ч [3].

Обжиг бакальской сидеритовой руды относится к сложному гетерогенному процессу и сопровождается разложением карбонатов железа FeCO₃, магния MgCO₃, марганца MnCO₃, образующих изоморфную смесь и карбонатов кальция CaCO₃.

Разложение карбонатов сидеритовой руды течет по реакции:



Окисление низших оксидов железа и марганца происходит за счет выделяющегося диоксида углерода и кислорода воздуха по реакциям:





Реакции обратимы, но диаграммы равновесия не доходят до конца образования оксидов Fe_3O_4 и Mn_3O_4 . Расчет затрат теплоты на нагрев сидеритовой руды до 650°C показал, что на разложение 1 кг сидероплезита нужно затратить 1446 кДж/кг.

Ступени нагрева (разложения) 1 кг сидероплезита (рис. 1): 1 – 294 кДж/кг, 2 – 996 кДж/кг, 3 – 1401 кДж/кг.

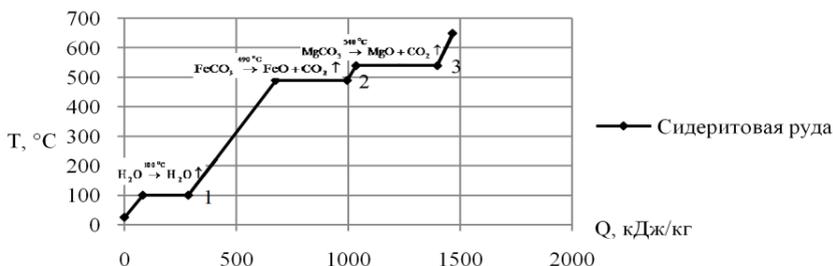


Рис. 1. Температурно-тепловой график нагрева сидеритовой руды

Предлагается использовать вторичный энергетический ресурс – конвертерный газ в качестве замены природного газа для проведения процесса обогащения сидеритовой руды в условиях «мягкого» обжига [4,5].

Конвертерный газ высококачественное технологическое и энергетическое топливо. Его технологическая ценность определяется большим содержанием CO 60–95 %, возможностью использования газа в качестве восстановителя, теплота сгорания 8–10 МДж/м³, на выходе из конвертера содержит 25 % физической теплоты и 75 % химической энергии. Большая часть физической теплоты утилизируется в ОКГ за счет выработки пара с низкими параметрами: $P = 2\text{--}4$ МПа, $t = 240^\circ\text{C}$. Часть химической энергии сжигается в ОКГ, основная не используется, весь газ после газоочистки направляется на дожигающее устройство. Температура конвертерного газа на выходе из горловины конвертера колеблется в пределах $1500\text{--}1700^\circ\text{C}$. Весь технологический цикл в кислородном конвертере занимает 40–50 минут (в том числе продувка чугуна кислородом 12–17 минут). Анализ действующей схемы дожига конвертерного газа на рис. 2 показал, что существует тепловой потенциал физической теплоты за котлом ОКГ – 400 1,5 МДж/м³, расход 85,4 м³/т с., температура 650°C .

Анализируя режим работы котла с «частичным дожигом», коэффициентом расхода воздуха $a = 0,74$, выявили расчетные значения затрат теплоты на выработку пара в котлах ОКГ (3,5 МДж/м³) и на дальнейший перспективный обжиг сидеритовой руды (1,5 МДж/м³) рис.3.

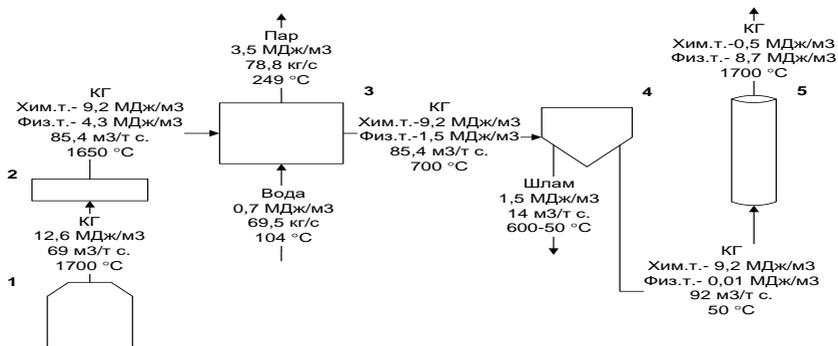


Рис.2. Действующая схема утилизации конвертерного газа:
 1 – конвертер; 2 – юбка котла ОКГ; 3 – котел ОКГ; 4 – газоочистка;
 5 – дымовая труба (свеча дожигания КГ); КГ – конвертерный газ

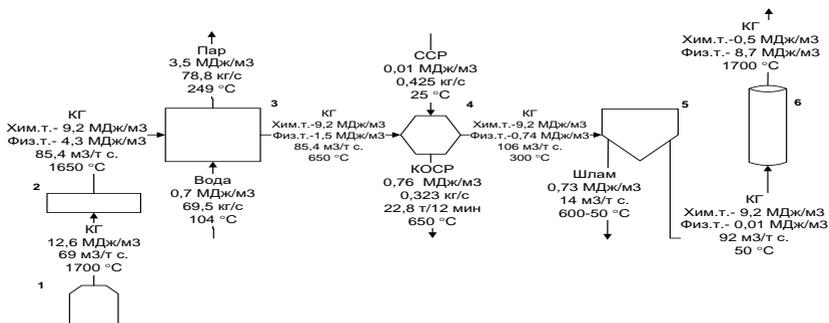


Рис.3. Принципиальная схема утилизации КГ:
 1 – конвертер; 2 – юбка котла ОКГ; 3 – котел ОКГ; 4 – агрегат обжига СР;
 5 – газоочистка; 6 – дымовая труба (свеча дожигания КГ); КГ – конвертерный газ;
 ССР – сырая сидеритовая руда; КОСР – концентрат обожженной сидеритовой руды

Обжиг рассчитан в режиме противотока. Агрегат обжига ССР предполагает установить за опускающей частью газохода котла ОКГ. За период продувки (12-17 мин) в конвертере с садкой 380 т, расходом КГ 350000 м³/ч возможно обжечь 29,750 т ССР и получить готовый КОСР 22,8 т.

Вывод: использование теплоты КГ сократит затраты на топливные ресурсы действующей обжиг-магнитной схемы обогащения ССР в шахтных печах, позволит полностью заменить природный газ и дополнительно получить 20,8 т/ч КОСР, расширит железорудную базу металлургического предприятия и внедрит современные технические средства и технологии, направленные на интенсивное энергосбережение тепловой обработки сидеритовых руд.

Дальнейшей задачей является оптимизации конструктивных и режимных параметров обжига из расчетных данных кинетики процессов теплообмена газовой

среды и образца ССР. Эти данные необходимы для учета продолжительности термообработки, размера куска руды, производительности обжигового агрегата.

Список литературы

1. Меламуд С.Г., Юрьев Б.П., Дадчук И.А. Использование сидеритовых руд при производстве агломерата и выплавке чугуна // Сталь. 2015 г. №1. С. 5-8.
2. Анализ современных методов переработки сидеритовых руд / Висухин А.С., Леонтьев Л.И., Кудинов Д.З., Шешухов О.Ю. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2011. №3. С.49-52.
3. Юрьев Б.П., Гольцев В.А. Влияние состава сидеритовой руды, конструктивных и режимных факторов на показатели работы шахтных печей // Сталь. №4. 2013. С.6-10.
4. Активация обожжённых в «мягких» условиях высокомагнезиальных сидеритов / Клочковский С.П., Смирнов А.Н., Абдрахманов Р.Н., Савченко И.А./ Хроматографические и рентгеноструктурные исследования // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 72-й НТК / под редакцией В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. Т. 1/ С. 267-270.
5. Vplyv teploty na dielektrické vlastnosti siderite /Michal Lovás¹, Milota Pyszková¹, Štefan Jakabský¹, Georgios A. Dimitrakis, Tom Cross/ Acta Montanistica Slovaca Ročník 10 (2005), mimoriadne číslo 1, 72-76.

УДК 681.5

М.В. Коновалов, Г.И. Лукьянов, В.А. Орлов

РАЗРАБОТКА ЗАЩИЩЁННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ViPNet

***Аннотация.** В работе представлен обзор защищённой распределенной системы на базе ViPNet. Структура защищённой сети. Проведен анализ технологии ViPNet и её недостатки. Приведено сравнение систем ViPNet и “Континент”.*

***Ключевые слова:** ViPNet, защищенная сеть, ViPNet Administrator, ViPNet Coordinator, ViPNet Client.*

Основные проблемы защиты информации в компьютерных системах возникают из-за того, что информация не является жёстко связанной с носителем. Её можно легко и быстро скопировать и передать по каналам связи. Информационная система подвержена как внешним, так и внутренним угрозам со стороны нарушителей.

Требования к защите незащищенной автоматизированной системы:

- Требуется защита информационного обмена при прохождении через открытый Интернет.

- Требуется, чтобы защищенный туннель был прозрачен для пользователей, которые работают с ресурсами удаленных ЛВС.
- Требуется, чтобы пользователи локальной сети не имели доступа к ресурсам открытого интернета, за исключением ресурсов других локальных сетей, определенных администратором, с которыми организуется защищенное взаимодействие и, возможно, ресурсов мобильных пользователей.

Технология ViPNet, обеспечивает организацию защищенного электронного документооборота с возможностями шифрования и подписания документов электронно-цифровой подписью, полностью удовлетворяют требованиям Федерального закона от «Об электронно-цифровой подписи».

С учетом полученных и постоянно обновляемых сертификатов ФСБ и ФСТЭК России на отдельные компоненты и программные комплексы технология ViPNet является оптимальным решением вопросов защиты конфиденциальной информации, в том числе, персональных данных в соответствии с Федеральным законом «О защите персональных данных». На рис. 1 показана схема защищенной сети на базе ViPNet [1,2].

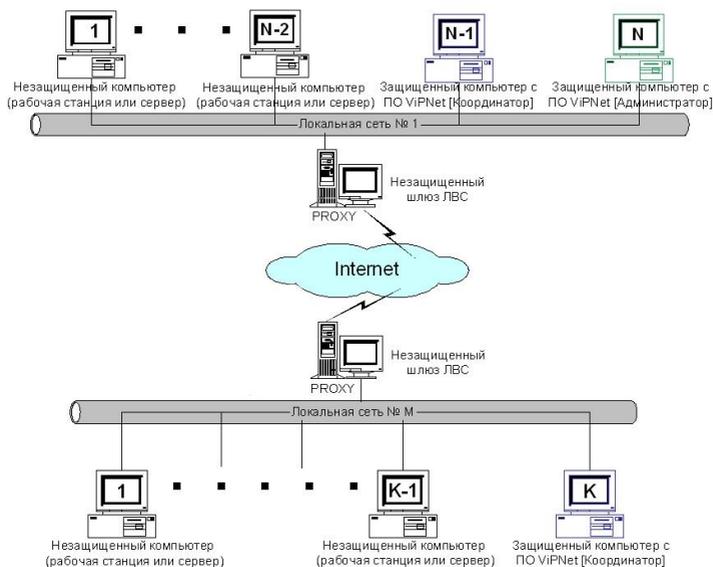


Рис. 1. Структура защищенной сети на базе ViPNet

Технология ViPNet включает в себя следующие компоненты:

ViPNet Administrator (Администратор) – это базовый программный комплекс для настройки и управления защищенной сетью. Устанавливается на рабочем месте администратора сети и используется для генерации справочников, ключей шифрования и электронно-цифровой подписи, выпуска сертификатов открытого ключа ЭЦП.

ViPNet Coordinator (Координатор) – устанавливается на серверы сети, обеспечивает обмен данными между участниками сети и защиту сегмента сети. На рис. 2 показан пример использования ViPNet Coordinator (Координатор) и его участие в построении защищённой сети.

Функции ViPNet Coordinator (Координатор):

- Выполняет маршрутизацию почтовых и управляющих защищенных сообщений при взаимодействии объектов сети между собой и ViPNet Administrator.
- В реальном времени осуществляет регистрацию и предоставление информации о состоянии объектов сети, их местоположении, значении их IP-адресов и др.
- Обеспечивает работу защищенных компьютеров локальной сети в VPN от имени одного адреса (функция проху).
- Осуществляет туннелирование пакетов от обслуживаемой ViPNet координатором группы незащищенных компьютеров локальной сети для передачи трафика от них к другим объектам VPN в зашифрованном виде по открытым каналам Интернет/Инtranет.
- Фильтрует трафик от источников, не входящих в состав VPN, в соответствии с заданной политикой безопасности.
- Обеспечивает возможность работы защищенных по технологии ViPNet компьютеров локальной сети через сетевые экраны и прокси-сервера других производителей.
- Функциональность ViPNet Coordinator определяется Центром управления сетью и формируемыми им справочниками и маршрутными таблицами. В виртуальной сети может быть установлено множество ViPNet (Координаторов), взаимодействующих между собой. При этом может быть организовано их взаимное резервирование для повышения надежности развернутой VPN-сети.



Рис. 2. Пример установки системы ViPNet Coordinator

ViPNet Client (Клиент) – обеспечивает защиту информации при ее передаче в сеть, а также защиту от доступа к ресурсам компьютера и атак на него из локальных и глобальных сетей. При этом, ViPNet Client может быть установлен, как на рабочую станцию (мобильную, удаленную, локальную), так и на всевозможные типы серверов с целью обеспечения безопасных режимов их использования.

Функции ViPNet Client (Клиент):

- персональный сетевой экран – позволяет защитить компьютер от попыток несанкционированного доступа как из глобальной, так и из локальной сети;
- шифрование IP-пакетов с добавлением в них информации для обеспечения целостности, контроля времени, идентификации (авторизации) и скрытия первоначальной структуры пакета;
- блокировка зашифрованных пакетов при нарушении их целостности, превышении допустимой разницы между временем отправки и текущим временем (защита от переповторов) или при невозможности аутентифицировать пакет;
- услуги защищенных служб реального времени для организации циркулярного обмена сообщениями, проведения конференций, защищенных аудио и видео переговоров;
- клиент службы обмена файлами – позволяет обмениваться между объектами защищенной сети ViPNet любыми файлами без установки дополнительного ПО (например, FTP-сервера/клиента) или использования функций ОС по общему доступу к файлам через сеть. Обмен файлами производится через защищенную транспортную сеть ViPNet с гарантированной доставкой и «докачкой» файлов при обрыве связи [3,4].

Сравнение системы защиты сети ViPNet с системой защиты “Континент” представлены ниже.

ОС на серверной части	
ViPNet	Континент
Любые версии Windows, Linux, ПАК на базе Linux	ПАК на базе FreeBSD
Сертификация СКЗИ	
КС1	КС1
КС2	КС2
КС3	-

Проведя анализ ViPNet были выявлены следующие недостатки:

- Отсутствует защита до входа в систему.
- Отсутствует маскировка портов.
- Отсутствует многопользовательский режим.
- Отсутствует удалённое администрирование.

Заключение

Нами была рассмотрена система защиты сети ViPNet, её недостатки и сравнение с аналогичной системой “Континент”. На данный момент ViPNet является самой совершенной системой защиты сети, которая отвечает не только зарубежным, но и Российским требованиям и стандартам.

Список литературы

1. Кульгин М.В. Компьютерные сети. Практика построения. СПб.: Питер, 2003. 120 с.
2. Филлимонов А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet. BHV, 2007. 154 с.
3. Кабакова Н.В. Система защиты информации ViPNet: учеб. пособие. ДМК Пресс, 2014. 133 с.
4. Чефранова А.О. Технология построения виртуальных защищенных сетей ViPNet Windows&Linux. Прометей, 2008. 217 с.

УДК 002

И.И. Баранкова, У.В. Михайлова, Г.И. Лукьянов

DLP СИСТЕМА: ЗАЩИТА ОТ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ. АНАЛИЗ ПОИСКА WORDSEARCH

***Аннотация.** В работе представлены результаты создания программы для анализа потока данных в корпоративной сети. Произведена качественная и временная оценка работы алгоритмов поиска подстроки в строках. Выявлены слабые стороны примененных алгоритмов, способы обхода системы поиска. Разработаны алгоритмы сканирования и использования базы искомых данных. Применение новых алгоритмов работы с базой искомых данных повысило качество работы алгоритмов поиска искомых слов и незначительно увеличило время поиска подстрок в строках. В результате данных доработок значительно увеличилась эффективность разработанной системы.*

***Ключевые слова:** утечка информации, DLP система, поиск подстрок в строке, WordSearch.*

Причинами утечек информации являются различные факторы: неосторожность или компьютерная неграмотность сотрудников, намеренная кража информации как собственными сотрудниками (инсайдерами), так и мошенниками, использующими различные средства проникновения в корпоративную сеть (трояны, шпионские программы и т.п.).

Существует множество способов борьбы с утечками конфиденциальных данных, как на уровне организационных процедур, так и на уровне программных решений. Одним из наиболее эффективных методов является внедрение системы защиты от утечек конфиденциальных данных DataLeakPrevention (DLP) — технологии предотвращения утечек конфиденциальной информации из информационной системы вовне, а также технические устройства (программные или программно-аппаратные) для такого предотвращения утечек [1,2].

Также следует обратить внимание на систему отчетности и наборы преднастроенных политик безопасности, представляемых DLP-решением, так как это поможет избежать некоторых проблем и сложностей при внедрении. На рис. 1 показана схема взаимодействия компонентов DLP системы на примере продукта SecureTower [3,4].

Компоненты DLP системы представлены двумя модулями:

Агент, который устанавливается на рабочие станции пользователей (в том числе ноутбуки) и обеспечивает выполнение следующих функций: обнаружение незащищенных конфиденциальных данных на пользовательских рабочих станциях; блокировка передачи конфиденциальных данных (съёмные носители информации, CD/DVD, печать, средства обмена мгновенными сообщениями и т.п.).

Сервер, который обеспечивает связь агентов с платформой управления и позволяет определять политики мониторинга конфиденциальных данных и блокировку их передачи с пользовательских рабочих станций [4,5].

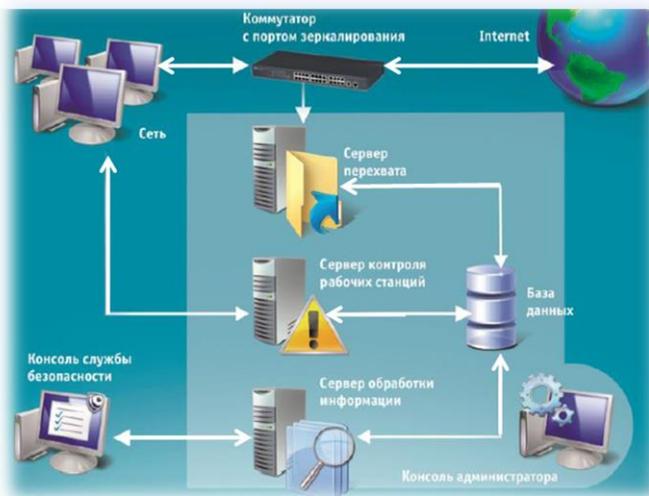


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов DLP системы на примере продукта SecureTower

WordSeach – совокупность методов поиска слов по словарю и синтаксического разбора текстовых фрагментов по формализованному шаблону.

WordSeach во многих системах использует следующие алгоритмы:

- линейный поиск
- поиск Д. Кнута, Д. Мориса и В. Пратта (КМП – поиск)
- поиск Р. Бойера и Д. Мура (БМ – поиск)
- нечеткий поиск в тексте

На базе алгоритмов поиска (линейный, КМП, БМ) было разработано приложение для поиска подстроки в тексте (рис. 2). При реализации простого поиска (брут) были осуществлены доработки использования базы.

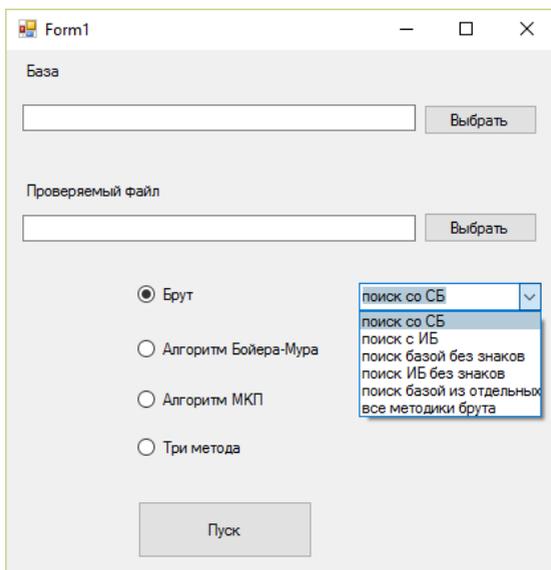


Рис. 2. Приложение для анализа поиска WordSearch

При использовании разработанного приложения, каждый метод показал высокие результаты поиска. Из-за отсутствия различного использования базы исковой информации метод КМП и БМ показали результаты ниже «Брута». После доработки КМП и БМ метода, было произведено исследование времени работы каждого алгоритма (длина исследуемого текста 10 002 символа). Характеристики стенда: CPU Athlon x4 640, ОЗУ 4Gb, Windows 10 (32-bit) Pro. Результаты исследования представлены ниже.

Время работы алгоритмов поиска при различной длине искомой подстроки

Алгоритм	Время выполнения(мс)		
	Длина ≤ 10	Длина ≤ 100	Длина ≤ 250
Брут	15	93	234
КМП	5	30	50
БМ	31	31	32

Как и предполагалось, алгоритм Бойера – Мура справился с экспериментальной задачей быстрее остальных. Следует, однако, заметить, что его эффективность растет лишь с увеличением длины строки и, соответственно, длины образца.

Так при длине строки меньшей или равной 10 символов, он показал себя хуже, чем последовательный поиск. Аналогичные результаты показывает и алгоритм КМП, как для коротких, так и для длинных слов. Его можно использовать как универсальный, когда неизвестны длины строки и образца. Производительность алгоритмов поиска показана на рис. 3.

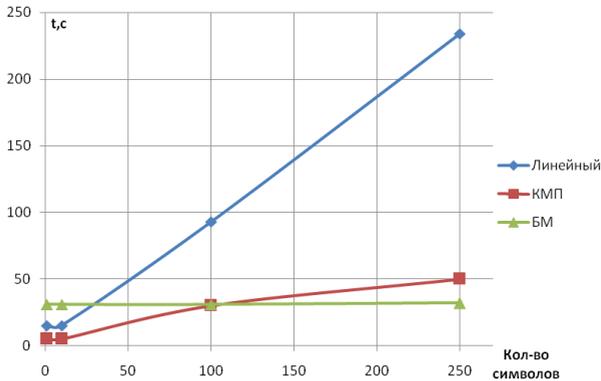


Рис. 3 Производительность алгоритмов поиска

В связи с искажением исследуемого текста (замена букв, перестановка и разрыв слов и т.д.), а следовательно, множественными поправка по базе искомым строк лучшим методом является метод нечеткого поиска. Алгоритмы нечеткого поиска являются основой систем проверки орфографии и полноценных поисковых систем вроде Google или Yandex. Например, такие алгоритмы используются для функций наподобие «Возможно вы имели в виду ...» в тех же поисковых систем. Реализация данного алгоритма находится в стадии разработки, в виду его сложности, а так же учета известных недостатков.

Заключение

Разработанное нами приложение помогло произвести оценку работы алгоритмов поиска подстрок в строке. Так же было выявлено, что зная алгоритм каждого метода, злоумышленник может обойти DLP-систему. Поэтому первое – необходимы разработка и создание нового алгоритма поиска с оптимальной скоростью работы, а так же учетом недостатков уже известных алгоритмов. Второе – DLP система не является полноценной защитой от утечки информации, поэтому необходимо использование комплекса систем и организационных мер.

Список литературы

1. Журилова Е.Е., Шабуров А.С. О нормативно-правовых аспектах внедрения DLP-систем / Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2015. № 3(17). С. 37 – 41.
2. Валерий Васильев. Права сотрудников и безопасность корпоративных данных/Сетевая газета InfoSecurity.ru URL: http://www.infosecurity.ru/_gazeta/content/101029/art2.shtml (дата обращения: 23.03.2016)
3. Защита баз данных ORACLE / Носова Т.Н., Быкова Т.В., Булатов Р.Р., Михайлова У.В. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Т. 2. С. 188–190.
4. Пермякова О.В., Пермякова М.А., Калашников К.Ю. Общие принципы построения системы мониторинга ИИС // Актуальные проблемы современной

- науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Т. 2. С. 191–193.
5. Моисеев А.М., Мамыкин А.В., Москвин В.В. Атака через USB/ Вестник Ур-ФО. Безопасность в информационной сфере. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2014. № 4(14). С.32–35.

УДК 004.75

М.А. Пермякова, О.В. Пермякова

ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ЖИВУЧЕСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация. Рассмотрены вопросы живучести информационных сетей в условиях разрушающих информационных воздействий. Приведена игровая модель, позволяющая в интерактивном режиме на основе гиперсетевой модели одновременно рассматривать первичную и вторичную сети, оптимизировать структурную живучесть сети связи. Результатом моделирования является сеть, спроектированная на некотором шаге, и удовлетворяющая одному из критериев эффективности.

Ключевые слова: разрушающие информационные воздействия, информационная сеть, живучесть, гиперсеть, надежность сети связи.

Совокупности информационных средств, предназначенных для реализации таких операций над информацией как: получение, передача, обработка, хранение и др., называют информационными сетями. Информационная сеть состоит из терминального комплекса, сети электросвязи, информационной и вычислительной базы. Анализ живучести информационных сетей проводится не только раздельно для первичных или вторичных сетей, но и для всей сети передачи данных в совокупности [1].

Понятие «живучесть» характеризует устойчивость системы против действия причин, лежащих вне системы и приводящих к разрушениям, значительным повреждениям или временной потере работоспособности всей сети или некоторой части ее элементов. Живучесть сети связи делится на два вида: структурную и функциональную.

Различия в причинах нарушения связи обуславливают существенные отличия в их проявлении, характере и масштабности нарушений связи, их продолжительности, путях и способах их устранения и повышения устойчивости системы.

Разрушающие информационные воздействия (РИВ) – это поражающий фактор информационного оружия, который является результатом его применения и направлен на получение несанкционированного доступа к информационным и телекоммуникационным системам с целью реализации задач воздействия информационного оружия на информационные процессы и информационные ресурсы этих систем.

Имеются следующие подходы к классификации разрушающих информационных воздействий:

- 1) по характеру воздействия:
 - пассивное;
 - активное.
- 2) по цели воздействия.
 - нарушение конфиденциальности информации или ресурсов системы;
 - нарушение целостности информации;
 - нарушение работоспособности (доступности) системы.
- 3) по условию начала осуществления воздействия.
- 4) по наличию обратной связи с атакуемым объектом
- 5) по расположению субъекта атаки относительно атакуемого объекта.

При анализе и оптимизации живучести предусматривается возможность выхода из строя любых элементов, даже технически практически абсолютно надежных. Такие разрушения могут быть следствием как природных и техногенных катастроф, так и целенаправленных разрушающих воздействий, в том числе и информационных.

Целью решения такого рода проблем, согласно [2], было создание игровой модели системы моделирования сетей с заданными характеристиками, позволяющей делать анализ спроектированных сетей и выбор наиболее оптимальных из них.

Входные данные сети – это:

- матрица смежности первичной сети;
- матрица смежности вторичной сети;
- характеристики узлов: номер, вероятность разрушения, стоимость разрушения, стоимость восстановления, пропускная способность;
- характеристики линий связи: пропускная способность, вероятность разрушения, стоимость восстановления, стоимость разрушения;
- множество путей, образующих ребра во вторичной сети;
- N- и M-ограниченные ресурсы.

Система работает в диалоговом режиме «проектировщик – разрушитель». Общая схема модели представлена на рисунке.

Разрушитель, имея ограниченный ресурс (первоначально N), оптимальным по некоторым параметрам образом удаляет один или несколько элементов первичной сети.

Предполагается, что разрушитель всегда уничтожает элемент полностью и расходует ресурс на полную стоимость разрушения элемента при любой вероятности его разрушения.

При разрушении узла также уничтожаются все инцидентные ему линии связи.

Разрушитель выбирает разрушаемые объекты по следующим критериям:

- вероятности разрушения элементов;
- по стоимости разрушения;
- произвольно.

Также предполагается, что разрушитель обладает всей информацией о сети.

Проектировщик, также обладая ограниченным ресурсом (первоначально M), и, стремясь к оптимальности построения новой первичной сети, может восстанавливать разрушенные элементы и строить новые линии связи со своими характеристиками.

На первом шаге он исследует возможность вложения вторичной сети в первичную без восстановления разрушенных элементов. Если такой возможности нет, то, руководствуясь одним из критериев оптимизации, проектировщик строит новые линии связи или восстанавливает разрушенные элементы.

После каждого разрушения или восстановления элементов из оставшихся к данному моменту ресурсов вычитаются их стоимости разрушения или восстановления соответственно.

Результатом моделирования является сеть, спроектированная на некотором шаге и удовлетворяющая одному из критериев эффективности:

- вероятность разрушения самого ненадежного разреза сети минимальна;
- сеть является самой дешевой.



Общая схема модели

Математическая постановка задачи включает в себя входные данные сети, матрицы характеристик узлов и линий связи.

Первичная и вторичная сети не могут содержать петель. Учитывая входные данные, требуется построить схему пошаговой перестройки структуры первичной сети и перераспределения потока в ней, руководствуясь одним из следующих критериев:

- минимальной стоимости восстановления первичной сети

$$\sum_{(i,j) \in E'/E} p_{ij} \rightarrow \min_{E' \subset \xi} \quad (1)$$

где ξ – совокупность множеств линий связи возможных первичных сетей, удовлетворяющих условиям задачи; E' – множество линий связи первичной сети из ξ ;

- максимальной надежности первичной сети.

$$\prod_{(i,j) \in E'} t_{ij} \rightarrow \max_{E' \subset E} \quad (2)$$

Моделирование должно происходить в диалоговом пошаговом режиме, где поочередно:

- по одному из критериев оптимальности разрушения удаляются элементы первичной сети;
- по одному из критериев оптимальности построения восстанавливается первичная сеть.

После каждого разрушения или восстановления элементов из оставшихся к данному моменту ресурсов вычитаются их стоимости разрушения или восстановления соответственно (прокладка канала учитывается).

Процесс моделирования заканчивается либо после очередного шага проектировщика, либо когда заканчивается хотя бы один из ресурсов.

Полный алгоритм оптимизации представлен в [2].

Оптимизация происходит:

- по стоимости линий связи и узлов, которые нужно проложить;
- по надежности (i, j)-цепи.

В результате оптимального по некоторому критерию восстановления элементов вторичной сети проектировщик либо восстанавливает разрушенные элементы, либо прокладывает новые.

Результатом моделирования является сеть, спроектированная на некотором шаге, и удовлетворяющая одному из критериев эффективности.

Список литературы

1. Попков В.К., Блукке В.П., Дворкин А.Б. Модели анализа устойчивости и живучести информационных сетей // Проблемы информатики. 2009. №4. Спецвыпуск.
2. Величко В.В., Попков Г.В., Попков В.К. Модели и методы повышения живучести современных систем связи. М.: Горячая линия – Телеком, 2014. 270 с.
3. Блукке В.П., Попков В.К. Об оценке живучести интегральных информационных сетей // Проблемы функционирования информационных сетей: материалы 8-й международной конференции. Бишкек, 2004. Т.2.
4. Блукке В.П., Ершов К.А., Попков В.К. Об одной концептуальной модели живучести глобальных информационных сетей // Проблемы функционирования информационных сетей: материалы IX международной конференции. Новосибирск, 2006.
5. Попков В.К. Применение модели гиперсети к исследованию временных характеристик сетей связи // Материалы конференции МНПК «Связь-2004». Бишкек.
6. Попков В.К. Математические модели живучести сетей связи. Новосибирск, 1990. 235 с.

И.И. Боброва

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ СУБЪЕКТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. *Дистанционное образование чрезвычайно популярно в современном мире, но существуют проблемы его успешного внедрения и использования обычными пользователями. В статье рассмотрены некоторые из них, предложены пути решения некоторых ситуаций.*

Ключевые слова: *дистанционное образование; облачные технологии; интеллектуальная социализация.*

Современное образование сталкивается рядом противоречий между:

– идеальным и реальным уровнем показателей интеллектуальной социализации субъектов профессионального образования, использующих как в преподавании, так и в учении компьютерные технологии;

– идеальным и реальным разнообразием педагогических средств, обеспечивающих интеллектуальную социализацию (информационно-коммуникационные знания, умения, потребности) субъектов профессионального образования;

– необходимостью и достаточностью методологического и методического обоснования проблемы интеллектуальной социализации субъектов профессионального образования, деятельность которых связана с использованием компьютерных инноваций (например, облачных технологий).

Понятие об интеллектуальной социализации субъектов образования (в том числе в области освоения компьютерных технологий) сегодня в педагогической науке остается достаточно размытым. И это происходит, несмотря на то, что и интеллектуальная деятельность, а также ее основное средство – компьютерные системы – в обществе очевидно преобладают

Данная научная проблема возникла из потребности государства и общества в интеллектуализации процессов профессионального образования и использовании при этом новейших достижений науки и техники. За исследованием такой потребности естественно последовало выявление способов социализации интеллектуального опыта субъектов профессионального образования, деятельность которых непосредственно связана с компьютерными технологиями.

Анализ состояния исследований по проблеме проекта показал, что обозначенная проблема в них не решена – не обобщено в полной мере ни научное, ни практическое понимание интеллектуальной социализации субъектов профессионального образования, обеспечиваемой применением облачных компьютерных технологий.

Имеется ряд близких исследований по различным аспектам проблемы научного обоснования понятия о социализации личности, в том числе средствами профессионального образования (К. Роджерс, Г. Олпорт, В. Франкл, К. Юнг, А. Адлер, Э. Эриксон и др.; А.Г. Асмолов, Б.С. Братусь, Л.И. Савва, А.Л. Солдат-

ченко, Е.И. Рабина, Л.С. Рязанова и др.). Относительно исследованы некоторые аспекты вопроса о подготовке специалистов к реализации социальной функции образования (Ж. Пиаже, и др.; Б.М. Бим-Бад, М.В. Богуславский, В.П. Борисенков, В.А. Петровский, Л.М. Кустов, Н.А. Алексеев и др.). Описаны отдельные технологии социализации общеучебных навыков и навыков самоконтроля студентов университета с применением различных, в том числе компьютерных технологий (Дж. Рассел, П.А. Юцявичине, В.А. Штоф и др.; Ю.В. Белов, Н.В. Ефремова, С.И. Калачева, Р.Я. Касимов, Н.Ю. Коробова и др.). Имеются также исследования: теорий и технологий использования информационного ресурса и виртуального мира в менеджменте знаний (А.И. Каптерев и др.); определения сущности профессии «человек-знак» (Г.А. Глотова и др.); информатизации общества как феномене культуры (Н.П. Ващекин и др.); эффективности в развитии интеллекта студентов (Коц-Сенюк Генофева и др.); информационном анализе профессионального пространства (А.И. Каптерев и др.); развития системы принятия решений в сфере коммуникационных услуг (на примере облачных вычислений) (С.В. Макаров); ИТ-технологий и облачных вычислений (М. Армбруст, А. Фокс, Х. Ренди, С. Дэвид, А. Паттерсон и др.) и т.п.

Поэтому можно сказать, что и наиболее общая проблема социализации личности средствами компьютерных инноваций, и частная проблема данного проекта – интеллектуальной социализации субъектов образования с использованием облачных компьютерных технологий – в таком состоянии имеющихся (близких по смыслу) исследований требует своего решения, а именно: обобщения; методологического и методического обоснования – описания концепции, пакета методических материалов; формирования банка публикаций в различных издательских системах.

Научное исследование в виде демонстрации изменившихся показателей интеллектуальной социализации субъектов профессионального образования (в виде общекультурных и профессиональных компетенций) в ходе организации образовательного процесса с использованием облачных компьютерных технологий возможно при использовании следующих критериев и показателей:

- критерии: когнитивный (знания); деятельностный (умения); оценочно-рефлексивный (понимание);

- показатели:

- а) знание показателей конкурентоспособной личности, использующей в той или иной деятельности как реальные, так и виртуальные, как традиционные, так и инновационные (облачные) информационно-коммуникационные технологии; теоретических основ построения «облака», типов платформ «облачных» технологий и виды «облаков», программных продуктов, обеспечивающих работу в «облаке»;

- б) умение адекватно оценить уровень своей конкурентоспособности в интеллектуальной (информационно-коммуникационной) деятельности, готовность к использованию в ней компьютерных инноваций (облачных технологий); работать с облачным сервисом Облако@Mail.Ru, создавать шаблоны для общих документов в любом «офисном облаке», создавать совместный доступ к документам через Интернет, редактировать в браузере, работать с приложением OneNote Online ; совместно использовать в браузере записные книжки OneNote, которые хранятся в OneDrive;

с) понимание необходимости самооценки, самоконтроля, самоорганизации в качестве участника как групповой, так и персонализированной, как реальной, так и виртуальной, как традиционной, так и инновационной интеллектуальной (информационно-коммуникационной) деятельности.

Полученные результаты можно использовать:

– в организации образовательного процесса на любом уровне образования (при обучении бакалавров, магистров, учащихся и студентов колледжей, техникумов, вузов);

– в традиционной (аудиторной) организации непосредственного преподавания учебных дисциплин, а также в организации опосредованного преподавания (дистанционной);

– при организации групповой учебной деятельности, а также при персонализированной;

– при организации курсов повышения профессиональной квалификации или переподготовки для персонала предприятий, для преподавателей образовательных учреждений.

Каждый раз, когда результаты исследования будут применяться на практике, основное (прикладное) значение будет иметь:

– динамика показателей интеллектуальной социализации обучающихся в виде перехода с одного уровня на другой технических, творческих, групповых и персонализированных навыков информационно-коммуникационной (интеллектуальной) работы в облачных компьютерных системах;

– появление у субъектов образования идей по решению прикладных (профессионально-ориентированных, социально и культурно значимых, др.) задач в той или иной области практической деятельности, по ее совершенствованию и развитию.

Список литературы

1. Трофимов Е.Г. Виртуальные лабораторные работы в системе дистанционного обучения // Авангард социально-гуманитарной науки. Ведущие научные школы: материалы I Межд. науч. конф. Челябинск, 2014. С.59-61.
2. Боброва И.И., Трофимов Е.Г. Социальная информатика: самоучитель работы на компьютере. Издательство: LAP LAMBERT, Германия, 2013. 185 с.
3. Боброва И.И. Новые аспекты социальной информатики// Авангард социально-гуманитарной науки. Ведущие научные школы: материалы I Межд. науч. конф. Челябинск, 2014. С. 55-58.
4. Боброва И.И. Технологии создания и внедрения интерактивных методических средств обучения в образовательный процесс // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2010. № 6. С. 48-52.
5. Плотникова Е.Б. Воспитывающее обучение: учебное пособие. Сер. Высшее профессиональное образование. Пед. спец., Москва, 2010. 176 с.
6. Боброва И.И. Методика использования электронных учебно-методических комплексов как способ перехода к дистанционному обучению // Информатика и образование. 2009. № 11. С. 124-125.

7. Боброва И.И., Плотникова Е.Б. О необходимости разработки обучающих интеллектуальных систем для студентов гуманитарного вуза // Проблемы современной науки. 2014. № 13. С. 47-54.
8. Боброва И.И., Плотникова Е.Б., Трофимов Е.Г. Организация самостоятельной учебной работы студентов с использованием облачных технологий (на примере подготовки к профессии бакалавров сервиса и туризма) // Современная педагогика. 2015. № 7 (32). С. 75-80
9. Боброва И.И., Плотникова Е.Б., Трофимов Е.Г. Интеллектуальная социализация субъектов профессионального образования с использованием новых информационно-коммуникационных технологий // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 515.

УДК 006.065.3

К.А. Рубан

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ СТАНДАРТОВ ДЛЯ ПРОФИЛЯ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

***Аннотация.** Рассматривается задача и методика выбора (идентификации) стандартов в процессе формирования профиля интероперабельности. Предложен вариант адаптации методики для идентификации стандартов для профиля «второго поколения» за счет: расширения системы критериев, предупреждения конфликтных ситуаций и распределения документов по уровням интероперабельности.*

***Ключевые слова:** интероперабельность, стандарт, профиль интероперабельности, выбор стандартов.*

Проблема формирования инфраструктуры базовых стандартов (ИБС) уже решалась рядом отечественных и зарубежных ученых. Например, в работе [3] предлагается использовать многокритериальный анализ альтернатив, базирующийся на основе механизма нечеткого логического вывода. В основе данного подхода лежит механизм построения дерева критериев и расчета обобщенного критерия методом анализа иерархий. В сущности, данная методика разрабатывалась для профилей «первого поколения», а также не учитывает особенностей предметных областей.

Ключевая особенность профиля «второго поколения» заключается в дополнении технического уровня интероперабельности уровнями взаимодействия, которые включают стандарты и нормативные документы нетехнического характера. Особенность уровней, отличных от технического, заключается в том, что большая часть составляющих их документов относится к стандартам и нормативным документам организации, что обусловлено тем, что на более высоких уровнях ощущается нехватка международной и национальной нормативно-правовой базы.

Кроме того, в некоторых областях, таких как защита персональных данных или бухгалтерский и кадровый учет, необходимо отдавать предпочтения не меж-

дународным, а национальным стандартам, а иногда и стандартам организации (стандартам «де-факто»). Такие стандарты не должны противоречить документам с более высоким статусом, но с другой стороны, нормативные документы организации зачастую включают определенную специфику, которая может не рассматриваться в международных и национальных документах.

Для того, что бы определить, каким нормативным документам следует отдавать предпочтение, необходимо знать цель разработки профиля и область его применения.

Таким образом, для успешного применения указанной методики, необходимо внести изменения в её модели и алгоритмы, что позволит учесть специфику профиля «второго поколения» и предметной области.

В [3] сформулированы и описаны следующие критерии, определяющие приемлемость стандарта:

1. Уровень стандартизации.
2. Зрелость стандарта:
 - 2.1 степень формализма в управлении;
 - 2.2 устойчивость управления;
 - 2.3 наличие количественных оценок;
 - 2.4 уровень оптимизации.
3. Позиция на рынке:
 - 3.1 стоимость;
 - 3.2 удобство приобретения;
 - 3.3 дополнительное обслуживание потребителей, бонусы;
 - 3.4 приверженность потребителей к стандарту.

Данные критерии можно представить в виде дерева (ациклического графа), корнем которого будет являться обобщенный критерий, узлами ветвления – показатели зрелости стандарта и его позиции на рынке, а конечными узлами – показатели 1, 2.1-2.4 и 3.1-3.4. Промежуточные показатели 2 и 3, которые представлены узлами ветвления, целесообразно рассчитывать по алгоритму Мамдани.

Для отражения специфики профиля «второго поколения» необходимо ввести дополнительные критерии, которые позволят гибче подходить к вопросам выбора стандартов:

1. Уровень доступности решений, соответствующих требованиям стандарта (стоимость, локализация, доступность для российского потребителя).
2. Количество организаций, в которых официально принят и используется рассматриваемый стандарт.
3. Количество охватываемых уровней интероперабельности.

Данные критерии целесообразно сгруппировать и представить в качестве конечных узлов промежуточного показателя «Практика применения стандарта».

В процессе разработки профиля неминуемо возникает проблема существования конфликтующих стандартов, одновременное включение которых может привести к удорожанию процесса разработки и согласования систем.

Для учета этих особенностей в базе ИБС необходимо предусмотреть возможность установления связей между стандартами, с указанием их характеристик. В качестве базовых характеристик предлагается использовать следующие:

- стандарты конфликтуют;
- стандарты нейтральны;

- стандарты дополняют друг друга.

В целях оптимизации устанавливать связи целесообразно только в случае необходимости, тогда как их отсутствие, должно трактоваться как факт нейтральности стандарта по отношению к остальным документам, входящим в ИБС.

Для удобства пользователей ИБС и специалистов, занятых формированием профиля, целесообразно все входящие в ИБС документы разделить по уровням интероперабельности, к которым данные документы относятся. Для этой цели в структуру базы данных ИБС необходимо включить справочник уровней интероперабельности и обеспечить возможность установки связи для каждого документа входящего в ИБС с тем или иным уровнем интероперабельности.

Важно отметить, что некоторые нормативные документы могут относиться к нескольким уровням интероперабельности, что требует обеспечения связи между документом и уровнем интероперабельности «один-ко-многим».

Существенная особенность процесса идентификации и выбора нормативных документов, для профиля «второго поколения», на этапе физического проектирования заключается в необходимости наполнения стандартами не только служб, обеспечивающих информационные технологии (для технического уровня интероперабельности), но и сервисов информационных систем (для верхних уровней интероперабельности).

Согласно Р50.1.041-2002 задача формирования профиля «первого поколения» включает в себя 7 ключевых этапов. Для учета специфики профиля «второго поколения» необходимо идентифицировать нормативные документы, реализующих нетехнические уровни интероперабельности и расположить их по сервисам информационных систем.

Список литературы

1. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность.
2. Гуляев Ю.В., Журавлёв Е.Е, Олейников А.Я. Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности информационных систем широкого класса [Электронный ресурс] // Журнал радиоэлектроники (электронный журнал, ISSN 1684-1719). 2012. №3.
3. Королев А.С. Модели и алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия решений при создании открытых информационных систем: дис. ... канд. тех. наук. Моск. гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики. Москва, 2007.
4. Олейников А.Я. Развитие работ по интероперабельности // Сборник трудов III Международной конференции «ИТ-Стандарт 2012». М., 2012. С. 35-45.
5. Петров А.Б. Создание корпоративной информационной среды на основе методов функциональной стандартизации. // Вопросы кибернетики: устройства и системы: Межвуз.сб. науч. трудов. М.: МИРЭА, 2013. С. 7-12.
6. Позднеев Б.М. Разработка и гармонизация национальных и международных стандартов в области электронного обучения // Сборник трудов III Международной конференции «ИТ-Стандарт 2012». М., 2012. С. 45-57.
7. Рубан К.А. Методы обеспечения интероперабельности в электронном образовании // Математическое и программное обеспечение систем в промышлен-

- ной и социальной сферах: междунар. сб. науч. трудов. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. № 1-3. С. 119-124.
8. Рубан К.А. Обеспечение организационной интероперабельности системы электронного обучения вуза // Сборник трудов III Международной конференции «ИТ-Стандарт 2012». М., 2012. С. 163-173.
 9. Рубан К.А. Разработка методики построения открытой образовательной среды // Вестник компьютерных и информационных технологий. М.: Издательство Машиностроение, 2010. № 6.

УДК 378.147

П.В. Стащук

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ КОМПЬЮТЕРА СТУДЕНТАМ НЕТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВУЗА

Аннотация. Предложена методика преподавания дисциплины «Архитектура компьютера» студентам нетехнических специальностей вузов, способствующая формированию достаточно широкого цельного представления об организации компьютера, не перегруженного излишней детализацией.

Ключевые слова: архитектура компьютера, методика преподавания, симулятор цифровых схем, учебный симулятор компьютера, операционная система.

Знание функциональной и структурной организации компьютера является важной составной частью профессиональных компетенций любого современного специалиста, формирование которых составляет цель учебных процессов в высшей школе.

Ввиду сложности внутреннего устройства и многообразия промышленно производимых моделей компьютеров, предназначенных для различных областей применения и реализующих различные технологические новации и конструкторские решения, представление об их системной организации формируют с помощью архитектурной модели.

Под архитектурой компьютера принято понимать его описание, определяющее пользовательские возможности в отношении комплектации (составных частей) и использования (языки и протоколы взаимодействия, технические компоненты, технологические подходы и конструктивные решения).

Принимая во внимание многоуровневую организацию современных компьютеров [1], их архитектура может рассматриваться на различных уровнях, представляющих свои компонентные модели и языки описания для разных категорий пользователей:

- 1) цифровой логический — логические вентили, цифровые схемы и операционные блоки, функциональные устройства — язык электрических сигналов — инженеры схмотехники, электронщики;
- 2) микроархитектурный — центральный процессор, устройство управления, командный цикл, тракт данных — язык микрокоманд — инженеры схмотехники;

3) системы (набора) команд — состав, типы и форматы команд и операндов способы адресации операндов, наборы регистров, взаимодействие с устройствами ввода/ вывода обработка особых ситуаций — машинный язык — системные программисты;

4) гибридный, операционной системы (ОС) или виртуальной машины — средства поддержки многозадачности, управление процессами, адресация и виртуализация оперативной памяти, файловая система, защита информации — язык команд ОС — системные администраторы;

5) языка ассемблера — поддерживаемый тип процессора, состав и мнемоника команд и форматы аргументов, схемы адресации, имена регистров — системные программисты;

6) прикладной — программные модули, библиотеки, пользовательские приложения — языки программирования высокого уровня — программисты.

Для выпускников нетехнических специальностей вузов компьютер является необходимым инструментом предметной деятельности. Помимо навыков владения этим рабочим инструментом и умений его применять эффективному специалисту требуется развитое системное мышление, позволяющее анализировать и осуществлять при необходимости декомпозицию сложных систем, выстраивать иерархию функциональных уровней, согласовывать интерфейсы взаимодействия компонентов т.д. В этом отношении вузовская дисциплина «Архитектура компьютера» имеет важную методологическую роль.

Предлагаемая методика базируется на дидактических принципах систематичности, доступности, наглядности и активности обучаемых и реализует идею увеличения широты охвата содержания учебного материала при одновременном уменьшении глубины детализации без потери целостности.

Обучение ведется в традиционных формах: лекционных и лабораторных занятий с текущим контролем в форме тестов и контрольных работ.

Цель дисциплины «Архитектура компьютера»: ознакомление студентов с базовыми понятиями компьютерной архитектуры, изучение классификаций компьютерных систем, компонентного состава (на различных уровнях архитектуры), принципов действия и взаимодействия компонентов архитектуры, формирование навыков по выбору, настройке и использованию современных компьютеров для решения прикладных задач.

Обучение ведется в традиционных формах: лекционных и лабораторных занятий с текущим контролем в форме тестов и контрольных работ.

Лекции преимущественно информационные с элементами диалога и дискуссии. На лабораторных занятиях упор делается на применение программ симуляторов, повышающих наглядность закрепляемого учебного материала и облегчающих его восприятие студентами.

Учебный процесс разбит на тематические блоки которые, в целом, соотносятся с рассматриваемыми архитектурными уровнями:

Блок 1. Многоуровневая организация компьютера

Рассматриваются базовые понятия дисциплины и классификации компьютеров: по организации вычислительного процесса (М. Флинна), по применяемой компонентной базе (эволюция компьютеров), по сферам применения (функциональная потребительская).

Блок 2. Цифровой логический уровень архитектуры компьютера.

Рассматривается на трех подуровнях:

2.1 Логических вентилях (описывается работа диодов, транзисторов и формирование на их основе логических вентилях).

2.2 Операционных блоков (описывается работа комбинационных и последовательных цифровых схем).

2.3 Функциональных устройств (описываются различные структуры компьютеров, базовые компоненты подуровня: процессоры, запоминающие устройства, системные магистрали, устройства ввода-вывода).

Лабораторные работы проводятся в графической среде свободно распространяемого симулятора цифровых схем Qucs, который значительно проще в использовании чем профессиональные коммерческие системы подобного назначения [2].

Блок 3. Уровень архитектуры машинных команд и ассемблера

Рассматриваются система команд ЦПУ, типы и форматы команд/операндов, способы адресации операндов, наборы регистров, взаимодействие с устройствами ввода/вывода, обработка особых ситуаций.

Лабораторные работы проводятся в среде учебного программного симулятора: «E97» Еремина Е.А. или «Модель учебной ЭВМ» Жмакина А.П. [3], реализующего классическую (эволюционировавшую неймановскую) архитектуру на базе сокращенного набора машинных команд. В отличие от упрощенного рассмотрения реально существующих прототипов применение исходно простой модели (учебного симулятора) облегчает понимание принципов взаимодействия компонентов компьютера подуровня функциональных устройств.

4 Уровень архитектуры виртуального компьютера, команд операционной системы (ОС)

Рассматриваются назначение и функции ОС. Пользовательский и аппаратный аспекты функциональности ОС. Планирование и управление процессами. Управление памятью (адресация и виртуализация). Управление УВВ (структурная организация, файловая система).

Лабораторные работы ориентированы на использование различных пользовательских интерфейсов ОС: командной строки, текстового полноэкранного и современного графического [4].

Предлагаемая методика опробована при обучении студентов направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) со специализацией «Информатика и экономика» и показала хорошие результаты. Готовится ее адаптация для студентов других специальностей. Планируется разработка соответствующих методических рекомендаций для преподавателей и студентов.

Список литературы

1. Таненбаум Э. Архитектура компьютеров. СПб.: Питер, 2007. 848 с.
2. Стащук П.В. Выбор симулятора логических схем при изучении цифровых автоматов для неэлектротехнических специальностей вузов // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 4 (29). С. 63-68.
3. Учебные модели компьютера [Электронный ресурс]. URL: <http://educomp.runnet.ru>.
4. Стащук П.В. Краткое введение в операционные системы: учеб. пособие. М.: Флинта: МПСИ, 2008. 128 с. (гриф УМО).

И.Н. Идрисов, М.В. Вечеркин, С.М. Андреев

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВЕТВЛЕННЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Аннотация. *Описан способ моделирования группы вентиляторов, с целью поиска рациональных режимов работы центробежных вентиляторов. В качестве подхода к созданию модели сети воздушных потоков используется метод электрического моделирования. В модели рассматриваются частотный способ регулирования и регулирование осевым направляющим аппаратом по критерию энергопотребления.*

Ключевые слова: *вентилятор, вентиляторная станция, расход, производительность, КПД, математическая модель.*

Вентиляторные станции являются производственными объектами с большим резервом энергосбережения. Снижение расхода электроэнергии возможно при реализации регулирования производительности по потребностям производства [5] и построения системы автоматизированного управления (САУ), обеспечивающей рациональное управление мощными электроприводами [6-9]. Критерием рационального управления при выборе способа регулирования производительности и построении САУ является минимум потребления электроэнергии вентиляторной станцией. В соответствии с выбранным критерием необходим сравнительный анализ энергоэффективности различных способов регулирования производительности [1].

При изменении потребности в воздухе имеются следующие способы регулирования суммарной производительности станции:

1. Изменение скорости вращения вентиляторов (частотное регулирование);
2. Изменение числа работающих вентиляторов (старт-стопное регулирование);
3. Изменение угла поворота лопаток осевого направляющего аппарата (ОНА) вентиляторов.

Анализировать способы регулирования удобно с помощью математической модели группы вентиляторов работающих на вентиляционную сеть. Основой математической модели вентилятора являются его паспортные аэродинамические характеристики и законы подобия турбомеханизмов [2]. Одним из эффективных методов для анализа разветвленных сетей является метод электрического моделирования [3]. Анализ работы одного вентилятора не представляет сложностей и может быть осуществлен графическим методом или методом электрического моделирования [4].

Реализация метода электрического моделирования для случая работы двух вентиляторов на общую магистраль представлена на рис. 1. Два вентилятора B_1 и B_2 работают параллельно в сети. Вентиляторы на входе в индивидуальные участки сети ab и dc создают напор H_1 и H_2 обеспечивая производительность Q_1 и Q_2 соответственно. Задачей работы воздуходувной системы является обеспечение требуемого расхода воздуха Q_3 в неразветвленном участке сети ce . Максимальное значение расхода Q_3 обеспечивается только при работе обоих вентиляторов в режиме максимальной производительности, т. е. $Q_{3\max} = Q_{1\max} + Q_{2\max}$.

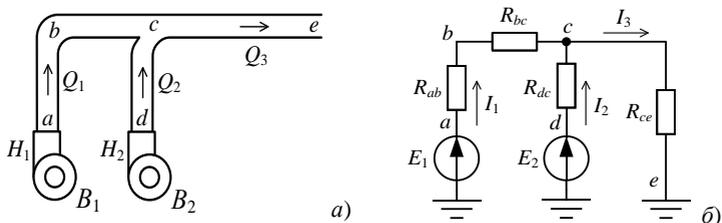


Рис. 1. Принцип построения электрической схемы замещения:
a – структура сети; *б* – эквивалентная схема

Вентиляторы моделируются эквивалентными источниками напора E_1 и E_2 с нелинейной характеристикой. Каждый из участков сети заменяется эквивалентными сопротивлениями, учитывающими потери на трение и потери на местных сопротивлениях. Узлы в схеме замещения соответствуют стыкам воздухопроводов. Элемент «заземление» моделирует внешнюю по отношению к воздухопроводной системе среду – атмосферу. В соответствии с этими условиями, распределение воздуха в сети можно описать с помощью следующих уравнений:

$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 = Q_3 \\ H_1 - H_2 = Q_1^2 \cdot (R_{ab} + R_{bc}) - Q_2^2 \cdot R_{cd} \\ H_2 - H_3 = Q_2^2 \cdot R_{cd} - Q_3^2 \cdot R_{ce} \end{cases} \quad (1)$$

где H_j – давление создаваемое вентилятором в замкнутом контуре; Q_i – расход воздуха через участок; R_i – аэродинамическое сопротивление участка.

Расчеты показывают, что при параллельной работе вентиляторов на общую магистраль частотное регулирование не имеет столь очевидных преимуществ. На рис. 2 приведены расчетные графики мощности, потребляемой вентиляторной станцией для некоторых возможных вариантов регулирования суммарной производительности.

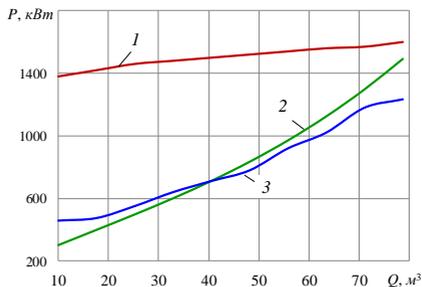


Рис. 2. Зависимость потребляемой мощности от расхода воздуха двух вентиляторов:
1 – без регулирования; *2* – с регулированием ОНА; *3* – с частотным регулированием

Таким образом, разработана математическая модель для анализа совместной работы группы вентиляторов и разветвленной сети воздухопроводов. Для анализа сети воздухопроводов в модели использован метод электрического моделирования. Модель позволяет оценивать расход и давление в участках сети воздухопровода и анализировать работу вентиляторов при различных режимах работы и способах регулирования производительности.

Список литературы

1. Вечеркин М.В., Сарваров А.С. Исследование способов регулирования производительности вентиляторной станции ЛПЦ-10 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2006. №4. С. 63-67.
2. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов. М.: «Энергия», 1972.
3. Абрамов Ф.А., Байков В.А., Фролов И.А. Электрическое моделирование вентиляционных сетей шахт. М.: Госгортехиздат, 1961.г
4. Вечеркин М.В., Идрисов И.Н. Особенности вентиляторной станции как объекта оптимального управления // Наука и производство Урала-2014: сборник научных трудов. Новотроицк: НИТУ «МИСиС», 2014.
5. Саидходжаев А.Г. Новый метод определения электрических нагрузок на основе интервальных аналогов интерполяционных сплайнов // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 2(8). С. 28-30.
6. Марченко Е.Н. Повышение срока службы электродвигателей подъема тележкиспромовша на основе комплексной оценки воздействующих факторов / Е.Н. Марченко, Е.А. Завьялов // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 2(8). С. 46-48.
7. Сухонослова, Т.Г. Исследование влияния технического обслуживания на эксплуатационную надежность системы управления / Т.Г. Сухонослова, А.И. Сунарголова // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 2(8). С. 49-52.
8. Лицин, К.В. Сравнительный анализ системы управления векторно-импульсного пуска при наличии промежуточных трансформаторов и без них / К.В. Лицин, В.В. Орехов, Т.М. Сарманов // Автоматизированные технологии и производства. 2016. № 1(11). С. 74-76.
9. Сафин, И.Р. Расчет задания на момент электропривода размоточного аппарата стана по производству стальной арматуры / И.Р. Сафин, С.И. Лукьянов, Е.Э. Бодров // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 1(7). С. 16-18.
10. Петрякова, Е.С. Компьютерная модель для исследования пусковых процессов в асинхронных электроприводах / Е.С. Петрякова, И.Н. Идрисов, А.Б. Лымарь, М.В. Вечеркин // Автоматизированные технологии и производства. 2015. № 2(8). С. 14-16.

В.Н. Антонов, Е.Б. Агапитов, Д.А. Байкова

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ С НАНОЧАСТИЦАМИ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

***Аннотация.** В данной статье рассмотрена возможность использования жидкости с наночастицами. В настоящее время, интенсификации теплоотдачи в различных теплообменных аппаратах с высоким уровнем тепловых нагрузок, продолжает оставаться актуальной. Это связано со стремлением к снижению металлоемкости и повышению надежности охлаждения поверхностей нагрева. При этом актуальной является оценка возможности возникновения кризиса кипения, который может стать причиной аварийной ситуации.*

***Ключевые слова:** наножидкости, наносuspензии, нанотрубки, кризис кипения, критический тепловой поток.*

Традиционные рабочие тела и теплоносители, используемые в системах преобразования энергии, практически исчерпали возможности дальнейшего увеличения коэффициента теплопроводности. В последнее время значительный прогресс в этой области был достигнут за счет использования нанотехнологий – суспензий наночастиц в классических теплоносителях.

Большинство жидкостей имеют молекулярную природу, а размер молекул редко превышает 1 нм ($1 \cdot 10^{-9}$ м). Такие жидкости представляют собой частный случай ультрадисперсных систем с жидкой дисперсионной средой или суспензий на основе наночастиц твердой фазы.

Известно [1], что в жидкостных суспензиях, содержащих мелкие частицы твердого присадка, с близкими значениями плотностей компонентов, при достаточно равномерном распределении твердой фазы в жидкости, частицы полностью следуют за пульсациями жидкости и механизм теплопереноса можно считать неизменным по сравнению с однородной жидкостью. Однако двухфазные теплоносители с макроскопическими частицами не удастся использовать из-за их седиментации с последующей локальной сегрегацией. Применение наноразмерных частиц в суспензиях приводит к увеличению надежности их циркуляции (уменьшению осаждения частиц твердого компонента на поверхности теплообмена) и нивелированию температурного и скоростного скольжения между компонентами при сохранении других положительных качеств двухфазного теплоносителя.

Конструированием новых жидкостей впервые занялись в Арагонской национальной лаборатории (ANL) в США в 1993 году. Целый ряд зарубежных фирм, например, Degussa (Germany) выпускают нанопорошки и «наножидкости». Наносuspензии - дисперсии наночастиц, размеры которых находятся в диапазоне от 2 до 100 нм, стали объектом интенсивных научных исследований, благодаря ранее неизвестным эффектам и аномальному поведению физико-химических свойств, особенно, коэффициента теплопроводности [2]. Например, теплоемкость таких «наножидкостей» может быть значительно выше, чем у несущей среды и жидкость на её основе способна на 30-40 % более эффективно отводить тепло от горячей поверхности. Самый большой эффект увеличения теплоемкости вызывали наночастицы из окисей металлов, цинка, меди и углеродных нанотрубок. Добав-

ление всего лишь 5 об. % наночастиц оксида меди [2] увеличивает эффективную теплопроводность воды на 20 %, а небольшой процент углеродных нанотрубок в теплонесущей жидкости изменяет ее теплопроводность в несколько раз.

В качестве жидкой основы «наножидкостей» применяют: воду, органические вещества – этилен- или триэтиленгликоль, охлаждающие масла и другие смазочные материалы, биологические жидкости, полимерные растворы и др. В водные растворы вводят различные поверхностно-активные органические добавки и соли, роль которых заключается в предотвращении слипания частиц и их стабилизации во взвешенном состоянии.

Для получения «наножидкостей» используют различные химические и физические способы. Например, наножидкость на основе наночастиц меди получают [3] испарением меди в среде инертного газа с последующей конденсацией наночастиц при непосредственном контакте с текущей и охлаждающей жидкостью, имеющей низкое давление паров. При этом возможно получение стабильных суспензий наночастиц меди в жидкости без диспергаторов. Существующие методы изготовления наножидкостей подразделяют на одноступенчатые и двухступенчатые.

При одноступенчатых методах «наножидкость» получают в течение одного технологического цикла. Наночастицы получаются, как правило, очень мелкие (2–20 нм), агломерация наночастиц минимизируется, а получаемые «наножидкости» характеризуются как стабильные. Одноступенчатый метод, получивший название VEROS (Vacuum Evaporation onto a Running Oil Substrate) состоит в следующем [3]: металл испаряется электронным пучком в вакуумной камере и здесь же оседает на покрытый маслом (базовая жидкость) вращающийся диск. Существуют разновидности данного метода, отличающиеся от него способом испарения электрода и технологией осаждения частиц в базовую жидкость.

При двухступенчатых методах наночастицы сначала производятся, а затем вносятся в жидкость. По сравнению с одноступенчатыми методами, хорошо работающими для частиц из металлов, двухступенчатая техника предпочтительна для частиц из оксидов из-за их меньшей склонности к агломерации.

С ростом производительности тепловых устройств и развитием высокоэнергетических технологий – возникла необходимость создания эффективных охлаждающих систем. Одним из способов интенсификации теплообмена – является повышение теплопроводности жидкости путём добавления твёрдых частиц с высокой теплопроводностью. Особый интерес при создании таких суспензий представляют наночастицы.

Классификация наножидкостей и анализ теоретических подходов к моделированию коэффициентов переноса показывает, что строгая теория процессов теплопереноса в наножидкостях пока не развита, а применение моделирования теплопроводности методами молекулярной динамики даёт предсказания отличные от классической теории. Большой разброс экспериментальных данных связан с рядом объективных причин: методикой синтеза наночастиц, функцией распределения наночастиц по размерам, технологией приготовления наножидкости, а также методом измерения теплопроводности и интерпретации результатов.

В зависимости от параметров системы повышение теплопроводности изменяется в диапазоне от нескольких процентов до сотен. Коэффициент теплопроводности наножидкости, помимо зависимости от объемной концентрации наночастиц, существенно зависит от размера наночастиц и их массы. Значительное увеличение тепло-

проводности «наножидкостей» возможно даже при небольших концентрациях частиц. Квадратичная зависимость роста теплопроводности от массы наночастиц означает одновременно и квадратичную зависимость от плотности:

$$\Delta\lambda_0 \sim (\rho_n/\rho_f)^2, \quad (1)$$

где ρ_n – плотность материала наночастиц.

В системах испарительного нагрева и охлаждения для отвода теплоты от поверхности нагрева используют прием кипения жидкости. Однако плотность теплового потока, отводимого кипящей жидкостью от теплообменной поверхности, ограничена предельной величиной – критической плотностью теплового потока ($q_{кр}$), при превышении которой резко уменьшается коэффициент теплоотдачи [4]. Для повышения $q_{кр}$ предлагается [5] использовать в качестве теплоносителя водные дисперсии наночастиц или «наножидкости» различного химического состава и объемной концентрации. При этом даже малые объемные концентрации наночастиц в воде (0,001–0,1 об.%) приводят к существенному повышению $q_{кр}$. Теплофизические свойства воды с наночастицами (поверхностное натяжение, теплопроводность, вязкость, скрытая теплота парообразования, температура кипения) при этом практически не отличаются от свойств дистиллированной воды. Известные данные [5] отличаются значительным разбросом (от 20 до 300 %) значений по увеличению критической тепловой нагрузки для одинаковых концентраций наночастиц. Поэтому исследование вопроса механизма повышения $q_{кр}$ является актуальным.

Анализ известных данных показывает, что зависимость $q_{кр}$ от объемного содержания наночастиц C_n в воде имеет монотонный характер и определяется материалом наночастиц. При увеличении содержания наночастиц до 0,02 об. % величина $q_{кр}$ возросла в 1,5 раза до 3,3 МВт/м², а при дальнейшем увеличении объемного содержания до 1 об.% оставалась практически постоянной.

Анализ рельефа слоя наночастиц, формирующегося на поверхности при кипении наножидкости, свидетельствует о появлении регулярно расположенных в нем кратеров с характерным диаметром около 20 мкм. Микроструктура этих кратеров формируется из пористой матрицы с характерными размерами микропор около 2-5 мкм. Известно [6], что создание на поверхности неровностей специфической формы или пористых покрытий (фитилей), при которых локальные механизмы теплоотдачи отличаются от таковых на чистой поверхности, приводят к росту критической тепловой нагрузки. Наилучшие результаты получаются тогда, когда в материале фитиля имеются каналы для отвода пара, размеры которых существенно больше среднего размера пор. При таком «фитильном» кипении можно получить критическую плотность теплового потока, практически в 2 раза большую, чем при кипении дистиллированной воды.

Уникальность наножидкостей состоит в том, что малые добавки наночастиц (доли процента по объему) приводят к значительным изменениям в свойствах традиционных теплоносителей: росту теплопроводности до 12 %, теплоотдачи – до 60 %, критического теплового потока (который определяет кризис теплоотдачи) до 200 % и более. Влияние наночастиц сказывается на теплообмене в «наножидкостях»: на рост теплоотдачи (до 60 % при добавке 2 % об. наночастиц меди);

на рост критического теплового потока (до 200 % при добавке 0,01 г/л частиц Al_2O_3 размером 70-350 нм и даже 500 % при наклоне поверхности до 150°).

Исследования сотрудников Института вычислительного моделирования СО РАН и Сибирского федерального университета (Красноярск) подтверждают, что применение «наножидкости» в 1,5-2 раза повышает величину критического теплового потока при кипении и на 30-40% повышает значение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции, что открывает новые перспективы повышения эффективности теплообменных устройств. Так по оценке MIT (USA) - применение «наножидкостного» теплоносителя в АЭС может поднять производство электроэнергии на 20 % без каких-либо изменений в технологической схеме.

Все это означает, что существуют реальные возможности:

- снижения металлоемкости и стоимости энергетического оборудования.
- увеличения производительности агрегатов в теплоэнергетике, криогенике, атомной энергетике.
- Сокращение эксплуатационных расходов при эксплуатации тепловых сетей, контуров охлаждения (нагрева) различных установок, например расхода электроэнергии циркуляционными насосами.

Список литературы

1. Наножидкости. Наука и технология / под ред. С.К. Дэс: пер. с англ. 2009. 517 с.
2. Akoh H., Tsukasaki Y., Yatsuya S., Tasaki A. Magnetic properties of ferromagnetic ultrafine particles prepared by vacuum evaporation on running oil substrate // J. of Crystal Growth. 1978. Vol. 45. P. 495-500.
3. Yatsuya S., Tsukasaki Y., Yamauchi K., Mihama K. Ultrafine particles produced by Vacuum Evaporation onto a Running Oil Substrate (VEROS) and the modified method. // J. of Crystal Growth. 1984. Vol. 70. P. 533-535.
4. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. 416 с.
5. Критический тепловой поток при кипении водной дисперсии наночастиц / Б.С.Фокин, М.Я. Беленький, В.И. Альмяшев и др. // Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35. Вып. 10. С. 1-5.
6. Теплопередача в двухфазном потоке / под ред. Д. Баттерворса и Г. Хьюитта; пер. с англ. М.: Энергия, 1980. 328 с.

ФАКУЛЬТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ, ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 622.772`17:622.342

Е.В. Леонтьева, Н.Л. Медяник

ВЫБОР РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ХЛОРИДНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД

Аннотация. Рассмотрены хлорирующие реагенты для переработки золото-содержащего минерального сырья. Обоснована возможность использования хлораммонийных реагентов для вскрытия и выщелачивания золота из пиритных техногенных отходов обогащения медно-колчеданных руд.

Ключевые слова: пиритные отходы, золото, хлорид и нитрат аммония.

Извлечение золота из техногенных пиритсодержащих отходов традиционными технологиями обогащения малоэффективно вследствие специфических особенностей состава и технологических свойств отходов. В условиях повышения требований к экологической безопасности обогатительного производства все больше развитие получают бесцианидные технологии.

Одним из перспективных способов переработки труднообогатимого золото-содержащего сырья является хлорирование, сравнимое по эффективности с цианированием при значительно меньшей токсичности процесса. Достоинствами метода являются легкость образования хлоридов металлов, широкий ассортимент хлорирующих агентов, их невысокая стоимость, простота обезвреживания отходов, что позволяет рентабельно перерабатывать сырье с низким содержанием золота, серебра [1].

Ассортимент хлорагентов, применяемых для окисления золота и хлорирования компонентов минерального сырья, достаточно широк [2]: хлор, хлороводород, однохлористая сера, хлорид/гипохлоритные растворы, твердые гипохлориты, хлориды натрия, магния, кальция. Выбор реагента и способа его применения зависит от вещественного состава сырья и ряда технико-экономических, экологических факторов. В отличие от цветных металлов, хлорагент для золота не должен содержать восстановителей хлоридов золота или их источников, в случае их наличия необходима предварительная подготовка сырья.

Использование элементарного хлора, легко окисляющего сульфиды и золото в газовой фазе и растворе, ограничивается его токсичностью и высокой коррозионной активностью. Для окисления золота парами хлороводорода необходимы температуры выше 800 °С и присутствие воздуха; в растворе HCl при пропуске воздуха золото не окисляется.

В случае применения растворов гипохлоритов для переработки материалов с высокой долей сульфидов не удастся достичь высокого извлечения золота в раствор из-за восстановления его комплексов недоокисленными соединениями железа и серы.

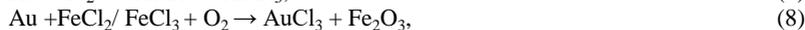
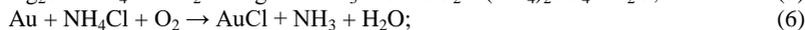
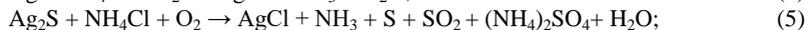
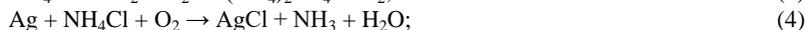
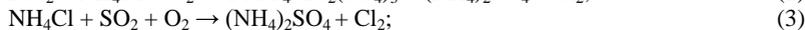
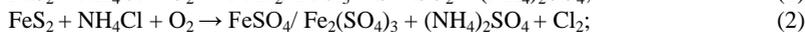
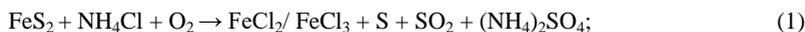
Скорость термораспада хлорной извести с выделением активного хлора существенно превышает скорость хлорирования золота, что снижает эффективность данного хлорагента и повышает его расход. Для осуществления хлорирования золота твердыми нетоксичными хлоридами щелочноземельных и щелочных металлов необходимо их предварительное разложение с выделением активных хлоридов (Cl_2 , HCl) при высоких температурах (600–900 °С).

Среди твердых хлорирующих агентов заслуживает внимания хлорид аммония, который при невысоких температурах (до 350 °С) взаимодействует с сульфидами многих тяжелых цветных металлов с образованием растворимых солей. Хлорирование происходит как за счет NH_4Cl , так и за счет хлороводорода, образующегося при возгонке и диссоциации паров хлорида аммония ($T_{\text{дис}} = 340$ °С). Еще более активное окислительно-хлорирующее действие имеет смесь хлорида аммония с нитратом аммония, при нагревании которой образуется смесь хлоридов $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{HCl}/\text{Cl}_2$.

Для обоснования возможности применения хлорида и нитрата аммония с целью извлечения золота, серебра из пиритсодержащих отходов обогащения медно-колчеданных руд проведены термодинамические и термические исследования.

В лежалых отходах переработки ОАО «Учалинский ГОК» содержание золота находится на уровне 1-2 г/т, серебра – 15-20 г/т [3], пирита – 40-50 %, сульфидов меди, цинка – до 1-2 %. Благородные металлы содержатся в самородной, минеральной формах и в виде дисперсных включений и твердых растворов в сульфидах («невидимое» золото). Доля упорного для цианирования золота (в сульфидах, кварце, в пленках) составляет более 50 %. Для вскрытия золота в сульфидах требуется полное разложение сульфидной матрицы.

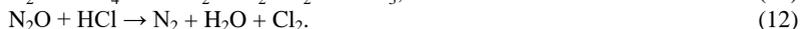
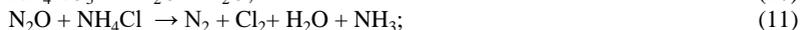
При взаимодействии пиритного сырья, содержащего благородные металлы, с твердым хлоридом аммония в присутствии воздуха вероятно протекание реакций хлорирования, сульфатирования, окисления (1 - 8):



Термодинамические расчеты показали, что под действием хлористого аммония вероятно окисление пирита с образованием растворимых хлоридов железа (1), хлорирование серебра (4) и его сульфида (5). Окисление золота хлористым аммонием в присутствии воздуха (6) невозможно. Термодинамически возможно протекание реакций окисления сернистых соединений (2, 3) с выделением хлора, а также реакций окисления золота хлором (7) и хлоридами железа в смеси с кислородом (8) с образованием хлоридов. Однако, присутствие недоокисленных форм железа и серы способствует разложению хлоридов золота и его восстановлению до металла как в процессе спекания, так и при последующем растворении спека в воде. Данное обстоятельство позволяет использовать операцию спекания

с хлоридом аммония не только для выщелачивания из отходов железа и серы, но и для концентрирования металлического золота в кеке выщелачивания.

Для хлорирования золота, содержащегося в обезжелезненном кеке, эффективно применение смеси хлорида и нитрата аммония за счет активного хлора, выделяющегося при термическом взаимодействии продуктов разложения смеси (9-12):



Для определения состояния соединений в зависимости от температуры использовали данные термического анализа. Установлено, что в интервале 190-320 °С наблюдается убыль массы хлорида и нитрата аммония на 97-98 % в результате возгонки и разложения, потеря массы растет с температурой. Пирит начинает взаимодействовать с хлоридом аммония при 188-190 °С с образованием комплексных хлоридных соединений железа. Определено, что процесс лимитируется в кинетической области, для ускорения необходимо повышение температуры [4]. Нагревание хлорнитратной смеси сопровождается химическим образованием композиции активных хлоринаторов. Серебро при соприкосновении с хлором окисляется сразу, хлорид серебра устойчив на воздухе в широком интервале температур [5]. Взаимодействие золота с хлором наблюдается со 143 °С, в диапазоне 230-290 °С хлориды золота мета-стабильны и претерпевают фазовые превращения (плавление, разложение, возгонка) [2].

Таким образом, по данным исследований установлена возможность использования хлораммонийных реагентов для переработки пиритных золотосодержащих отходов. Целесообразно проведение обработки в две стадии: для вскрытия золота и отделения значительных количеств железа, серы, осложняющих его извлечение, применимо спекание отходов с NH_4Cl в присутствии воздуха при температурах не выше 300 °С; для хлорирования золота эффективно использование нитратно-хлоридной смеси при температурах менее 230 °С.

Список литературы

1. Захаров Б.А., Меретуков М.А. Золото: упорные руды. М.: Руда и Металлы, 2013. 452 с.
2. Зырянов М.Н. Леонов С.Б. Хлоридная металлургия золота. М.: «СП ИНТЕР-МЕТ ИНЖИНИРИНГ», 1997. 288 с.
3. Леонтьева Е.В., Медяник Н.Л. Изучение компонентного состава твердого техногенного сырья ОАО «Учалинский ГОК» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 72-й международной науч.-техн. конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. Т. 1. С. 239-243.
4. Борисов В. А., Крайденко Р. И., Чегринцев С. Н. Взаимодействие сульфида железа (II) и оксида железа (III) с хлоридом аммония и идентификация продуктов реакций // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2010. Т. 53. № 9. С. 25-27.

5. Ивашенцев Я.И., Тимонова Р.И. Хлорирование серебра и золота и термохимические превращения их хлоридов // Журнал неорганической химии. 1967. Т. XII. Вып. 8. С. 2013–2016.

УДК 655.3.022.3

О.Л. Благодир, Е.М. Величко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНИЛОКСОВЫХ ВАЛОВ И РЕЖИМОВ ПЕЧАТИ НА КРАСКОПЕРЕНОС ВО ФЛЕКСОГРАФИИ

Аннотация. В данной работе исследовано влияние смачиваемости поверхности гибкой фотополимерной печатной формы и вязкости краски на процесс краскопереноса из шестигранных ячеек анилоксосового валика на поверхность печатной формы. Кроме того, проанализирована динамика течения жидкости из ячейки анилоксосового вала на печатную форму при изменении вязкости флексографской краски.

Ключевые слова: флексографская печать, анилоксосовый вал, краскоперенос, вязкость краски, ячейка анилоксосового вала

Флексографская печать стремительно развивается в различных направлениях и отраслях ввиду своей уникальной способности печати на различных пористых и невпитывающих материалах. Благодаря свойствам фотополимерных печатных форм флексография также используется для изготовления сенсоров и гибкой электроники, поскольку позволяет печатать на любых поверхностях [1]. Кроме того, флексографская печать является перспективной технологией для нанесения металлизированного покрытия на солнечные панели [2]. Такое широкое применение флексографии приумножает важность исследования процессов краскопереноса для данного способа печати.

Одним из важнейших звеньев флексографской печати является анилоксосовый валик [3]. Именно он осуществляет дозирование краски при ее переносе на печатную форму. Понимания закономерностей краскопереноса с анилоксосового вала на гибкую фотополимерную печатную форму является залогом успеха на пути к достижению стабильности печатного процесса, и, как следствие, качества отпечатанного материала.

На сегодняшний день, одним из самых современных методов прогнозирования различных физических процессов является компьютерное моделирование. Для моделирования краскопереноса между анилоксосовым валом и печатной формой использованы научные подходы, предложены в математических моделях [4–6]. Упрощенная имитационная модель процесса краскопереноса описана в работе [7]. В предложенной модели процесс краскопереноса с анилоксосового вала на печатную форму описывается уравнениями Навье–Стокса для вязкой несжимаемой жидкости:

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} = -(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} + \mu \Delta \mathbf{u} - \frac{1}{\rho} \nabla P + \mathbf{f}, \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0, \quad (2)$$

где $\mathbf{u} = (u, v)$ – векторное поле скоростей, μ – вязкость краски, ρ – плотность краски, P – давление, \mathbf{f} – векторное поле массовых сил, ∇ – оператор набла, Δ – оператор Лапласа.

Существует множество различных микрогеометрий поверхностей анилокс-овых валов. Самые востребованные из них представлены на рис. 1. Безусловно, при моделировании конфигурация поверхности анилокс-ового вала играет важнейшую роль. В данной работе моделирование производилось для шестигранной ячейки (рис. 1, б) шириной 55 мкм и глубиной 16 мкм.

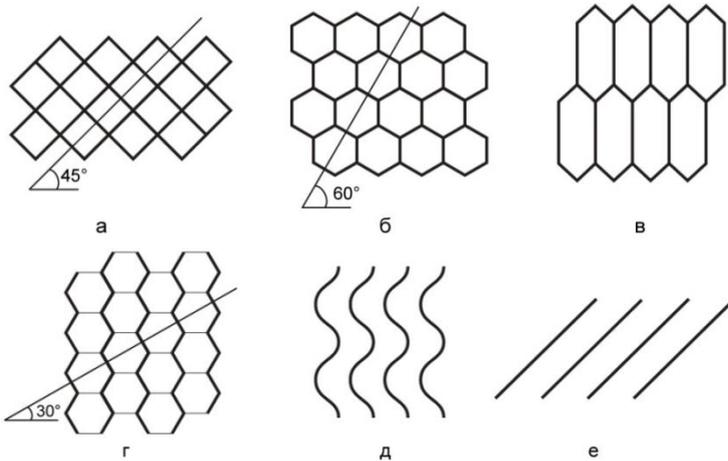


Рис. 1. Основные формы ячеек анилокс-овых валов:

- а – ячейки квадратной формы с углом раstra 45°;
- б – шестигранная ячейка с углом раstra 60°;
- в – шестигранная удлиненная ячейка,
- г – шестигранная канальная ячейка с углом раstra 30°;
- д – волнообразный растр;
- е – спиральный растр

Моделирование проводилось в среде специализированного программного обеспечения для вычислительной гидродинамики. Для исследования влияния параметров анилокс-ового вала и режимов печати на краскоперенос в процессе моделирования поочередно изменялись такие важные параметры, как краевой угол смачивания печатной формы (30°, 45°, 60°, 75°, 90°) и вязкость краски (0,01 Па·с, 0,02 Па·с, 0,03 Па·с).

Таким образом, для анилокс-ового вала линиатурой 177 линий/см, емкостью 5,27 см³/м² при скорости печати 5 м/с получены следующие результаты и зависимости. С увеличением угла смачивания печатной формы коэффициент краскопереноса уменьшается. Наибольший коэффициент краскопереноса (0,27) получен при угле смачивания печатной формы 30°. Это обусловлено высокой смачиваемостью печатной формы, и как следствие, большим участком прилипания краски к ней. Тогда как угол 90° соответствует низкой смачиваемости печатной формы,

при этом размер участка смачивания краской уменьшается, то есть краска практически скатывается на поверхности печатной формы и наблюдается существенное уменьшение коэффициента краскопереноса (в 2-5 раз). При увеличении вязкости краски коэффициент краскопереноса увеличивается. Это можно объяснить, проанализировав движения жидкости из ячейки на печатную форму. С увеличением вязкости наблюдается увеличение времени растяжения краски, а зона высокого давления, которая приводит к разрыву краски, находится дальше от печатной формы по сравнению с меньшей вязкостью. За счет этого количество краски, переносимое на печатную форму увеличивается.

Следовательно, для обеспечения стабильной подачи краски с анилоксового вала на печатную форму можно поддерживать поверхностную энергию печатной формы, а также настраивать вязкость краски таким образом, чтобы получить необходимое значение коэффициента краскопереноса.

Список литературы

1. Kim S., Sung H. J. Effect of printing parameters on gravure patterning with conductive silver ink // Journal of Micromechanics and Microengineering. 2015. №4. V.25.
2. Lorenz A., Senne A., Rohde J., Kroh S., Wittenberg M., Krüger K., Clement F., Biro D. Evaluation of Flexographic Printing Technology for Multi-busbar Solar Cells // Energy Procedia. 2015. №67, PP. 126-137.
3. Huey M. Anilox Rolls: "The Aorta of the Printing Process" // FlexoGlobal. 2008. PP. 32-35.
4. Schwartz L. W., Moussalli P., Campbell P., Eley R. R. Numerical modelling of liquid withdrawal from gravure cavities in coating operations // Trans IChemE. 1998. №76(A). PP. 22-28.
5. Campana D. M., Carvalho M. S. Liquid transfer from single cavities to rotating rolls // Journal of Fluid Mechanics. 2014. №747. PP. 545-571.
6. Dodds S., Carvalho M. S., Kumar S. Stretching and slipping of liquid bridges near plates and cavities // Journal of Applied Physics. 2009. № 21.
7. Благодір О. Л., Величко О. М. Моделювання фарбоперенесення системами з анілоксowymi валиками в зоні анілоксівий валик – друкарська форма для флексографічного друку // Квалілогія Книги. 2015. №2(28), С. 111–117.

УДК 655.024:655.3.062.2

Е.И. Золотухина, Е.М. Величко

ИССЛЕДОВАНИЕ УВЛАЖНЯЮЩИХ РАСТВОРОВ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ОФСЕТНОГО СПОСОБА ПЕЧАТИ

***Аннотация.** Для обеспечения производства экологической полиграфической продукции является перспективным и актуальным направлением повышения антибактериальных свойств увлажняющих растворов. Разработаны модельные образцы для проведения исследований. Исследованы увлажняющие растворы с*

антибактериальными свойствами для офсетной печати полиграфической продукции. Установлено максимально допустимое количество добавок для поддержания характеристик увлажняющих растворов в пределах нормы.

Ключевые слова: *увлажняющий раствор, офсетный способ печати, добавки, антибактериальные свойства, оттиски, кислотность, электропроводность, жесткость.*

Характеристики и состав увлажняющих растворов, процесс увлажнения, состояние и особенности подготовки системы подачи увлажняющего раствора в печатную машину влияют на стабильность процесса печати офсетным способом и, как следствие, обеспечение идентичности оттисков на протяжении всего тиража. Кроме того, это условие выполняется при минимально необходимой подаче увлажняющего раствора и краски на форму; постоянном уровне pH увлажняющего раствора; установлении водно-красочного баланса. Неизменные свойства печатной краски и установленной скорости ее закрепления на оттиске, постоянная влажность запечатываемого материала и точность его подачи в зону печатного контакта, постоянная скорость печати также имеют чрезвычайно большое значение. Однако особое внимание следует уделять тщательному ежедневному контролю за основными показателями увлажняющего раствора.

Увлажняющий раствор должен соответствовать следующим требованиям:

- не должен вызывать изменений в химическом составе краски;
- должен обеспечивать равномерное и длительное смачивание пробельных элементов формы (для этого в его составе должны содержаться элементы, влияющие на характеристики водной пленки, а также вещества, увеличивающие гидрофильность пробельных элементов);
- вспомогательные вещества для увлажняющего раствора не должны содержать элементы, которые затрудняют подачу краски;
- не должен негативно влиять на качество офсетного резинотканевого полотна;
- должен сочетаться с типом применяемых печатных форм;
- должен содержать современные биоцидные добавки широкого спектра действия (для предотвращения возникновения и размножения микроорганизмов) [1-10].

Для обеспечения производства экологической полиграфической продукции является перспективным и актуальным направлением повышения антибактериальных свойств увлажняющих растворов, одновременно с сохранением стабильных показателей кислотности, электропроводности и общей минерализации.

Проведение исследований с применением увлажняющих растворов и разработанных экспериментальных их образцов, корректировка композиционного состава путем введения антибактериальных добавок и применение специализированных методик контроля и математического анализа поможет установить оптимальный композиционный состав растворов, закономерности стабильности водно-красочной эмульсии для обеспечения производительности процесса печатания, стабилизации взаимодействия компонентов водно-красочной эмульсии между собой.

При проведении исследований, введение специализированных добавок в увлажняющий раствор было направлено на повышение его антибактериальных свойств и обеспечение стабильности его основных характеристик в течение длительного промежутка времени.

Измерение уровня рН и электропроводности исследуемых увлажняющих растворов осуществляли с помощью рН-метра и кондуктометра. Оптимальные значения электропроводности находятся в пределах 800-1500 мкСм / см, уровень рН должен быть 4,5-5,5, жесткость воды в составе увлажняющего раствора должна находиться в пределах 5-12 дН. При проведении исследований установлено максимально допустимое количество добавок для поддержания уровня рН, электропроводности в пределах нормы. Ведь уровень рН увлажняющего раствора влияет на степень эмульгирования краски и на время ее закрепления на оттиске, а колебания электропроводности увлажняющего раствора свидетельствуют о степени загрязненности.

Для дальнейших исследований, направленных на определение взаимодействия компонентов водно-красочной эмульсии между собой и элементами печатной формы, офсетным резиноканевым полотнищем, запечатываемым материалом, установление равномерности нанесения раствора, однородности образованной пленки и стабильности процесса печати в целом, подобран оптимальный состав увлажняющего раствора, с содержанием специализированных антибактериальных добавок, сбалансированный по трем показателям: кислотности, жесткости, электропроводности.

Список литературы

1. Величко О.М. Опрацювання інформаційного потоку взаємодією елементів друкарського контакту / Олена Величко [Текст] : Монографія. К.: ВПЦ «Київський університет», 2005. 264 с.
2. Шарифуллин М. Измеряйте, или зачем в типографии лаборатория и как ее можно оснастить? / Марсель Шарифуллин // Курсив. 2000. №. 5 (25). С. 12-14.
3. Добрицына Р., Котова Г. Методы оценки взаимодействия увлажняющих растворов с краской [Электронный ресурс] / Р. Добрицына, Г. Котова // Полиграфия. 2006. №5 // Режим доступа: <http://www.polimag.ru/journal.php?j=38&t=730&PHPSESSID=51a>. — Название с экрана.
4. Kipphan H. Handbook of print media: technologies and production methods. Berlin; Heidelberg; New York; London: Springer, 2001. P. 130-142.
5. Шахкельдян Б.Н., Загаринская Л.А. Полиграфические материалы. М.: Книга, 1988. 330 с.
6. Нечипоренко Н. А., Бердовщикова Н.А., Бозоян М. А. Выбор концентрата и определение оптимальной рецептуры увлажняющего раствора для листовой офсетной печати // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2013. № 6. С. 30-42.
7. Орлова Е. Ю. Исследование параметров пленочных увлажняющих аппаратов: моногр. М.: МГУП, 2013. 250 с.
8. Величко О. М., Розум Т. В. Технологічні аспекти застосування зволожувальних розчинів з антибактеріальними властивостями // 4-а Міжнародна науково-технічна конференція «Інформаційні системи і технології ICT-2015»: тези доповідей: Харків. 21-27 вересня 2015.
9. Kushlyk Bogdan. Adjustment of Ink and Water Supply in Offset Printing // Journal of Materials Science and Engineering. USA, 2013. Issue #3 (8). P.545-549.

10. Нечипоренко Н.А., Шелудько С.А., Бердовщикова А.В. Технологические аспекты офсетной печати на металлизированных подложках без термосушки // Технология і техніка друкарства. 2012. №. 1 (35). С. 18-31.

УДК 674.81

П.К. Латышева, А.В. Савиновских, А.В. Артёмов, В.Г. Бурындин

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ПЛАСТИКОВ БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ

Аннотация. *Исследована возможность получения методом плоского горячего прессования растительного пластика и древесного пластика без добавления связующего с различными химическими и биологическими модификаторами и определены их физико-механические свойства.*

Ключевые слова: *растительный пластик, шелуха пшеницы, биоактивация, липовая смесь.*

Одним из способов утилизации древесных и растительных отходов, таких как древесный опил, шелуха пшеницы, овса, гречи и др. является производство древесного и растительного пластика без добавления связующего (ДП-БС и РП-БС) [1].

Главным недостатком является то, что исходные пресс-композиции обладают низкими показателями пластично-вязкостных свойств. Эта проблема может быть решена путем добавления в пресс-материал модифицирующих добавок, что в значительной степени может ускорить процессы образования ДП-БС и РП-БС, улучшить физико-механические свойства пластика.

В качестве модифицирующих добавок для ДП-БС и РП-БС широкое применение нашли как низкомолекулярные (аммиак, карбамид, неорганические кислоты и т.п.), так и высокомолекулярные (лигнин, лигносульфонат и т.п.) химические вещества. Модифицирование растительного материала химическими реагентами в основном проводится с целью частичного гидролиза органического пресс-материала и обогащения его исходными связующими веществами [2, 3].

Предлагается также «модифицирование» древесной массы ферментами и живыми организмами (в большинстве случаев это грибы-ксилотрофы), что обеспечивает биотрансформацию древесного сырья, направленная на биоактивацию лигноцеллюлозной составляющей древесного пресс-материала [4].

Полученные композиты имеют невысокие показатели физико-механических свойств, особенно водостойкости. И это требует поиска новых подходов активации лигнин-углеводного комплекса.

Целью данной работы являлось:

1. Поиск новых химических и биологических модификаторов, позволяющих снизить текучесть пресс-материала и увеличить прочностные и водостойкие показатели готового пластика.

2. Исследование физико-механических свойств модифицированных растительных и древесных пластиков и их сравнение.

Проведено изучение закономерности получения пластика из растительных отходов без добавления синтетических связующих с использованием растительного пресс-сырья и его модификации иловой смесью активного ила, пероксидом водорода, а так же древесного пресс-сырья с изометилтетрагидрофталевым ангидридом (ИМТГФА) (см. табл. 1).

Таблица 1

Исходное сырье для получения пластиков

Показатель	РП-БС		ДП-БС
	Шелуха пшеницы	Шелуха пшеницы	Сосновые опилки
Фракционный состав	0,4-1,3 мм		<0,7
Модификатор	иловая смесь	H ₂ O ₂	ИМТГФА
Содержание, % масс.	20	3	3

Приготовление необходимого биоактивированного пресс-сырья на основе растительных отходов (шелуха пшеницы) и активного ила (в качестве иловой смеси) осуществлялось путем смешивания данных компонентов. Полученная смесь подвергалась биоактивации за счет выдержки в течение 14 суток при температуре 20±5°C. Химические модификаторы вводились в пресс-композицию непосредственно перед прессованием.

Для испытаний были изготовлены образцы-диски методом плоского горячего прессования диаметром 90 мм и толщиной 2 мм согласно технологическому режиму прессования: давление прессования 40 МПа; температура прессования 180°C; влажность пресс-сырья 12%; время прессования 10 мин; время охлаждения под давлением 10 мин.

После кондиционирования образцов проводилось определение их физико-механических свойств (плотность, модуль упругости при изгибе, прочность при изгибе, твердость, водопоглощение и разбухание по объёму) [5 – 7]. Были получены следующие физико-механические свойства (табл. 2.).

Таблица 2

Физико-механические свойства модифицированных пластиков

№ п/п	Показатели	Значение		
		РП-БС		ДП-БС
		Иловая смесь	H ₂ O ₂	ИМТГФА
1	Плотность, кг/ м ³	896	1012	1177
2	Модуль упругости при изгибе, МПа	1319	1118	1385
3	Прочность при изгибе, МПа	5	7	8
4	Твёрдость, МПа	92	20	65
5	Водопоглощение за 24 часа, %	97	122	76
6	Разбухание по объёму за 24 часа, %	7	8	5

Анализируя результаты испытаний можно сделать следующие выводы:

– Растительный пластик модифицированный активным илом обладает высокими физико-механическими свойствами по показателям (твёрдость, модуль упругости) по сравнению с растительным пластиком модифицированным пероксидом водорода (на 22% и 15% соответственно). Это может быть обусловлено возникновением когезионных сил на уровне межмолекулярного взаимодействия.

– РП-БС на основе пероксида водорода по твёрдости принимает значения меньше, чем на основе иловой смеси (на 22%). Это может быть обусловлено термогидролитической деструкцией растительного сырья, так как под действием пероксида водорода возможна реакция введения гидроксильных групп в ароматическое кольцо фенилпропановой единицы (ФПЕ) лигнина (рисунок).



– В сравнении ДП с ИМТГФА и РП с H_2O_2 по прочностным свойствам растительный пластик уступает древесному (РП 20 МПа, а ДП 65 МПа), но, в свою очередь, водопоглощение ДП значительно меньше (на 46 %). Это, по нашему мнению, объясняется тем, что ангидрид, входящий в состав, увеличивает гидрофобность плит.

Список литературы

1. Савиновских А.В. Получение пластиков из древесных и растительных отходов в закрытых пресс-формах [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук (25.12.2015) / Савиновских Андрей Викторович; УГЛТУ. Екатеринбург, 2015. 20 с.
2. Плитные материалы и изделия из древесины и других одресневевших остатков без добавления связующих [Текст] / В.Н.Петри [и др.]. М.: Лесная промышленность, 1976. 360 с.
3. Минин, А.Н. Технология пьезотермопластиков / А.Н.Минин. М.: Лесная промышленность, 1965. 296 с.
4. Биоактивация древесного пресс-сырья активным илом для получения древесного пластика без добавления связующего / Грэдинару Д.О., Савиновских А.В., Артёмов А.В., Бурындин В.Г. // Леса России и хозяйство в них. 2013. №44. С. 126-129.
5. ГОСТ 4648-71. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб.
6. ГОСТ 4670-77. Пластмасса и эбонит. Метод определения твёрдости вдавливанием шарика.
7. ГОСТ 10634-88. Плиты древесностружечные. Методы определения физических свойств (с изменением №1).

**РАЗРАБОТКА ФИРМЕННОГО СТИЛЯ
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. НОСОВА»**

Аннотация. Целью статьи является рассмотрение особенностей разработки фирменного стиля, который формирует благоприятный визуальный имидж университета. Рассмотрена необходимость наличия фирменного стиля, изучена специфика деятельности университета. Проанализированы существующий фирменный знак, основные элементы и этапы разработки фирменного стиля. Представлены результаты разработки фирменного стиля университета, даны обоснования композиционных решений.

Ключевые слова: фирменный стиль, фирменный знак, брендбук, стилиобразующие элементы.

Фирменный стиль – это средство формирования имиджа компании. В более широком смысле под «фирменным стилем» понимается набор графических, цветовых, словесных элементов, которые обеспечивают визуальное и смысловое единство товаров или услуг, всей информации, исходящей от фирмы, а также ее внешнего и внутреннего оформления [1].

Подготовительный этап представляет собой систему сбора и анализа необходимой информации о предприятии, компании, в нашем случае об университете. Целью данного этапа является систематизирование доступной информации. Нами была изучена история университета, направления его деятельности, миссия университета. Рассмотрен и проанализирован фирменный знак ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», который впоследствии стал основополагающим в фирменном стиле (рис. 1).



Рис. 1. Фирменный знак

Затем определяется структура будущего фирменного стиля, т.е. предполагаемый набор элементов, комплект носителей. Разработка фирменного стиля началась с анализа брендбуков других высших учебных заведений, таких как Национальный исследовательский университет – Высшая Школа Экономики, Северо-Кавказский федеральный университет. В ходе анализа выяснено, что основу создания фирменного стиля составляют базовые стилиобразующие фирменные элементы: фирменный знак, фирменный цвет, фирменный шрифт, слоган, декоративные стилиобразующие графические элементы. Основными носителями же являются деловая документация (конверт, визитная карточка, фирменный бэйдж, оформление презентаций), сувенирная и рекламная продукция (авторучка, кружка, футболка, галстук), рекламная полиграфия (приглашение, блокнот, грамота), корпоративное пространство (принцип оформления сцены, зала пресс-конференций).

Этап формирования концепции фирменного стиля включает в себя определение основных направляющих идей, которые будут ключевыми в имидже компании. Здесь отправными моментами были утвержденные форма существующего знака, фирменные цвета, миссия вуза. Исходная форма фирменного знака МГТУ – ромб, продиктовала необходимость проработать ее графическую вариативность. Узнаваемость исходной формы необходимо было провести во всех декоративных стилеобразующих графических элементах разрабатываемого фирменного стиля. Реализации концептуального решения начинается с разработки поисковых вариантов дизайна – это самый трудный и продолжительный этап работы.

Использование основных фирменных цветов в пакетах документов является обязательным, как средство идентификации и вузовской принадлежности. Учитывая психологические особенности цвета, были определены основные фирменные цвета [2]. В нашем случае ими являются: синий цвет – символизирует верность выбранному делу, красный цвет – активное стремление к познанию, белый – стремление к совершенству, необходимы также черный и золотистый цвета (рис. 2). Обязательно выбор цвета предусматривает обозначение его числовых характеристик во всех цветовых моделях и системах: RGB, CMYK, Panton, шестнадцатеричной системе. Это поможет решить проблемы цветовоспроизведения техническими средствами и системами. Определяются фирменные шрифты, которые поддерживают выбранное концептуальное решение и наиболее гармонично вписываются в визуальный ряд с графическими составляющими [3, 4].



Рис. 2. Фирменные цвета

Следующим этапом является разработка основных элементов фирменного стиля. Это самый важный и ответственный этап, он требует высокой концентрации в нём смыслового единства.

Основной декоративный стилеобразующий графический элемент состоит из стилизованного треугольника-стрелки и трех наклонных линий. Одна из них – невидима, придает конструкции легкость. Форма стрелки символизирует позитивное движение, а визуально соединяясь с наклонными линиями, позволяет обозначить другую графическую фигуру – галочку (рис. 3). Она вызывает ассоциации с качеством, утверждением, согласием. Единый образ ассоциируется с символами движения, перспективы, надежности и качества.



Рис. 3. Основные декоративные стилеобразующие графические элементы

Фоновый декоративный стилеобразующий графический элемент – паттерн, построен на основе ромба. Внесение нюансных оттенков и прозрачности в структурных элементах позволяет разнообразить и облегчить композицию (рис. 4).

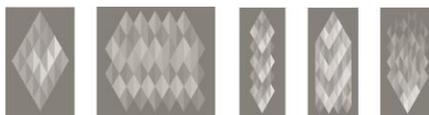


Рис. 4. Фоновый декоративный стилеобразующий графический элемент

Следующий этап - реализация фирменного стиля. На основе стилеобразующих графических элементов оформляется деловая документация, рекламная полиграфия, сувенирная и рекламная продукция, некоторые примеры представлены на рис. 5.



Рис. 5. Примеры использования фирменного стиля

Разработка фирменного стиля продолжается формированием брендбука. На этом этапе происходит сбор и систематизация всех разработанных элементов фирменного стиля и его носителей в единый пакет. Брендбук содержит в себе информацию о компании, а также регламентированные правила использования фирменного стиля и всех его атрибутов. Завершающим этапом является патентная защита разработанного фирменного стиля, которая позволяет избежать повторения образов и т.п.

Список литературы

1. ООО «Олбест» [Электронный ресурс]: Возникновение и формирование фирменного стиля, 2014. Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/marketing/2c0b65625b3ac68a4c43b89521216c36_0.html
2. Бодьян Л.А., Медяник Н.Л., Савочкина Л.В. Основы теории цвета. Физиологические и психологические основы цветосприятия: учеб. пособие. Магнитогорск, 2010. 90 с.
3. Бодьян Л.А., Бербер С.С. Актуальные вопросы в области нанесения качественной печати на упаковочные материалы и упаковку // Химия. Технология. Качество. Состояние, проблемы и перспективы развития: межвузовский сборник научных трудов. Магнитогорск, 2012. С. 70-74.
4. Бодьян Л.А., Прач М.Д. Разработка фирменного знака факультета стандартизации, химии и биотехнологии // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 72-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. Т. 1. № 1. С. 225-229.

Е.В. Нефедова, Т.С. Деулина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРЕЗКИ В ГОРОДЕ НОВОТРОИЦКЕ

Аннотация. *В данной статье говорится о том, что город Новотроицк, является центром черной металлургии. Городские предприятия вносят основной вклад в загрязнение атмосферы. Деревья являются главным источником кислорода, бесплатным фильтром самой опасной для легких мелкодисперсной пыли. Зеленые насаждения в городе Новотроицке находятся в плачевном состоянии из-за проведения неграмотной обрезки деревьев. Существует методика правильной обрезки деревьев. В работе предлагается внедрить в г. Новотроицке научно-обоснованные правила содержания зеленых насаждений.*

Ключевые слова: *металлургический центр, обрезка деревьев, кронирование, муниципальный округ (МО), загрязнение атмосферы.*

Новотроицк – промышленный город, центр черной металлургии. Основной вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия металлургической отрасли промышленности – ОАО «Уральская сталь», цветной металлургии – ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений», ОАО «Новотроицкий цементный завод», автотранспорт.

Степень загрязнения атмосферы города «высокая», она определяется величиной комплексного индекса загрязнения (ИЗА5), который рассчитывается по пяти наиболее загрязняющим веществам: фенол, пыль, диоксид азота, формальдегид, бенз(а)пирен.

На предприятиях строго соблюдается система промышленного экологического мониторинга и контроля. Но экологическая безопасность жилых массивов находится в зоне ответственности администрации города. Основную координирующую роль здесь выполняет городской Совет депутатов.

Совет депутатов утверждает Правила санитарного содержания территорий, организации уборки и обеспечения чистоты МО г.Новотроицка, а также Правила охраны и содержания зеленых насаждений на территории МО.

Озеленением и благоустройством территории МО занимается ООО "УКХ", с которым заключен контракт на выполнения работ на сумму 8 млн. руб.

В целях улучшения экологической обстановки в городе принята муниципальная программа "Благоустройство муниципального образования город Новотроицк на 2015-2020 годы". Она включает подпрограмму Озеленение территории МО.

Несмотря на предпринимаемые усилия, зеленые насаждения города находятся в плачевном состоянии. Обрезка деревьев проводится неграмотно, без опоры на научно обоснованные методы. Студентами Новотроицкого филиала НИТУ «МИСиС» было проведено исследование, в результате которого выяснилось, что некорректная обрезка деревьев в городе приводит к их гибели (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение погибших деревьев после обрезки и без обрезки

Улица	Наименование	Обрезка		Натуральные	
		Число	%	число	%
Советская	Всего	656	100	1267	100
	Мертвые	79	12,04	5	0,004
	Живые	577	87,96	1262	99,996
Фрунзе	Всего	243	100	217	100
	Мертвые	43	17,70	2	0,009
	Живые	200	82,30	215	99,991
Гагарина	Всего	302	100	215	100
	Мертвые	53	17,55	1	0,005
	Живые	249	82,45	214	99,995

Проведенный анализ состояния деревьев на трех улицах города доказал, что существующая методика обрезки в Новотроицке только усугубляет экологическую обстановку в городе. Расчет коэффициента корреляции между обработанными деревьями и мертвыми показал высокую степень зависимости (0,99). Расчет был произведен по формуле:

$$r_{XY} = \frac{\text{cov}_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}},$$

где X – это число деревьев, подвергавшихся обрезке (656, 243, 302);

Y – это число деревьев, погибших после обрезки (79, 43, 53).

Цех озеленения ОАО УКХ г.Новотроицка производит обрезку деревьев согласно устаревшей инструкции. Дерево обрезается до голого ствола высотой около 6-8 метров. Ствол и кора ниже уровня обрезки повреждаются, растение начинает болеть и погибает.

Студенты и преподаватели Новотроицкого филиала НИТУ «МИСиС» подняли общественность и подготовили обращение к главе города, собрав более 500 подписей. Было предложено обновить инструкции по обрезке деревьев в соответствии с экологическими исследованиями и обобщением опыта территорий РФ.

Главные задачи обрезки деревьев:

- достижение максимального декоративного эффекта или оптимальной продуктивности (критерием является уменьшение смертности растений от 15% до 5%);
- создание привлекательной формы и внешнего вида растения;
- обеспечение сбалансированного роста, цветения и плодоношения, то есть повышения жизнеспособности растений на объектах озеленения города;
- уничтожение возможных очагов инфекции, способствует развитию здоровых листьев и полноценных соцветий.

Таблица 2

Основные отличия новых правил обрезки

Виды обрезки	Особенности обрезки	Старые правила обрезки	Новые правила обрезки
Санитарная	проводится в кроне дерева, с ее помощью убирают обломанные, больные, сухие или опасно нависающие ветви	В нашем городе присутствует только один вид обрезки – это кронирование	Рекомендуется проводить систематически не менее 1-2 раза в год в течение всего года
Формовочная	делается для того, чтобы придать кроне эстетичную форму, убрать нависшие ветки, выровнять высоту растений, увеличить густоту и обеспечить равномерность веток в кроне		Обрезку быстрорастущих видов деревьев (тополь , яблоня, вяз , клен , липа), проводить ежегодно, а обрезку у медленно растущих видов деревьев – один раз в 2 года в период с конца февраля по апрель
Омолаживающая	проводится в случаях физиологического старения деревьев, усыхания вершин и концов побегов, потери декоративности растений, а также если крона дерева является аварийной		Омолаживающую обрезку деревьев следует проводить только у видов, обладающих хорошей побегообразовательной способностью в любом возрасте. Обрезка производится в течение 2-3 лет с октября по апрель

На основании полученных выводов подготовлена инструкция и методические рекомендации по обрезке деревьев и переданы на утверждение главе города. В г. Новотроицк остаются экологические вопросы, требующие консолидации усилий и контроля не только со стороны властей и промышленных предприятий, но и со стороны общественности. Одной из таких проблем является – сохранение и увеличение зеленого фонда города.

Список литературы

1. Гюнтер Пардачер. Зимняя обрезка деревьев и кустарников. М.: АСТ: Астрель, 2002. ISBN: 5-17-015758-4,5-271-04863-2,3-8001-6856-1, 128 с.
2. Кристофер Брикелл, Дэвид Джойс. Обрезка и формирование деревьев и кустарников. М.: АСТ, Астрель, 2006. ISBN: 5-17-037348-1,5-271-14094-6,0-7513-0207-4, 336 с.
3. Курдюмов Н.И. Формировка вместо обрезки. М.: Владис, 2007. ISBN: 5-94194-177-3,978-5-9567-0421-9, 288 с.
4. Нефедова Е.В. Становление экологической культуры студента вуза // Тольятти-Самара, Самарский научный центр РАН, Тольяттинский государственный университет, 2011.

З.И. Ахмедьянова, О.Б. Боброва

ВАРИАНТЫ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ СЕРОВОДОРОДА ПРИ ГРАНУЛЯЦИИ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ

Аннотация. Термодробление доменного шлака путем его грануляции в потоке воды – наиболее рациональный способ подготовки этого отхода черной металлургии к повторному использованию в качестве строительного материала. Процесс грануляции сопровождается загрязнением атмосферного воздуха в результате выделения парогазовых выбросов, в которых содержится сероводород – вещество второго класса опасности. Рассмотрены варианты снижения интенсивности парогазовых выбросов при гидрожелобной грануляции доменных шлаков.

Ключевые слова: доменный шлак, грануляция, загрязнение окружающей среды, припечная грануляция.

Одним из предложений по уменьшению выбросов является применение полусухого или сухого метода грануляции шлака. Наиболее описан и применяется барабанный способ, который может быть как чисто сухим, так и с применением небольшого количества воды. Этот метод позиционируется авторами как способ припечной переработки доменного и сталеплавильного шлака, что позволяет в 2,5-3 раза снизить расходы на производство граншлака, сократить затраты на содержание и эксплуатации парка шлаковозов, уменьшить производственные площади, упростить схему сортировки и извлечения металла. Одновременно создаются условия для нейтрализации вредных выбросов и утилизации тепла шлакового расплава [1-5].

Вторым вариантом устранения парогазовых выбросов является установка над гидрожелобом укрытий для улавливания и очистки газовых выбросов [6].

Третьим вариантом является строительство нового участка грануляции. Примером такого участка является построенная в 1998 г в Германии на заводе Зальцгиттер фирмы Salzgitter Flachstahl GmbH грануляционная установка, состоящая из грануляционной башни-трубы высотой 32 м, в нижнюю часть которой подается жидкий шлак (рисунок). Особенностью установки является кольцо, распыляющее воду вокруг шлакового желоба, с помощью которого большая часть парогазовых выбросов инжектируется внутрь башни, а также подача воды для грануляции вдоль шлакового желоба и распыление ее внутри башни сверху. В результате газообразные продукты, в основном водяной пар и газообразные соединения H_2S и SO_2 , осаждаются в конденсаторной части башни для грануляции благодаря орошению водой. В результате окисления и реакции с кальцием газообразные соединения серы осаждаются на поверхности частиц граншлака, в виде гипса. Таким образом, благодаря конденсации достигается работа установки без выбросов. Производительность установки 1400 т шлака в сутки или около 1 т/мин; расход воды на грануляцию при давлении 2,1-2,5 атм составляет 1450-3300 м³/мин. Обезвоживание гранулята до 10 % производят в специальных вертикально установленных цилиндрических бункерах. Эксплуатационные расходы составляют 0,8 евро на 1 т гранулированного шлака [7].



Схема башни для грануляции шлака [7]

Четвертым вариантом является обезвреживание парогазовых выбросов путем добавки нейтрализатора (известковое молоко) и окислителей (Fe_2O_3 , CaCO_3 , KMnO_4) в воду для грануляции при неблагоприятных метеоусловиях.

Наряду с известковым молоком для уменьшения содержания сероводорода в парогазовых выбросах могут быть использованы органические отходы химической промышленности. В этом случае исключается сложный комплекс агрегатов, необходимых для приготовления известкового молока.

Большим преимуществом органических поглотителей сероводорода является то, что они значительно замедляют сроки схватывания карбонатных осадков в трубопроводах, насосах, отстойниках и резервуарах системы оборотного водоснабжения, а также в шлакоприемных бункерах и обезвоживателях. Для уменьшения выбросов в воду перед грануляцией можно добавлять различные окислители, которые предотвращают образование H_2S , образуя SO_2 и SO_3 .

Также для уменьшения содержания сероводорода в парогазовых выбросах может быть использовано ПАВ, например от производства целлюлозы. Наиболее ярким представителем ПАВ является мыло: доступное, недорогое. Эффективность очистки в этом случае составляет 84% [8-10].

Список литературы

1. Кудрин В.А., Исаев Г.А. Металлургические шлаки – не отходы, а товар, возможны варианты его использования // Технология металлов. 2014. №10. С.3-9.
2. Ахмедьянова З.И., Боброва О.Б., Понамарева Т.Б. Снижение выбросов сероводорода при грануляции доменных шлаков // Научно-методический элек-

- тронный журнал «Концепт», 2016. Т.11. С. 1646–1650. URL: <http://e-koncept.ru/2016/86351.htm>.
3. Волкова Е.А., Свиридова Т.В., Боброва О.Б. Комплексное использование отходов металлургического производства // Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XIX Международной научно-практической конференции: В 2 ч. Ч. 1 / Сиб. гос. индустр. ун-т; под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. С. 361-364.
 4. Экологическое состояние природных и техногенных объектов Зауралья / Янтурин С.И., Волкова Е.А., Свиридова Т.В., Боброва О.Б. // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 9. С. 92-95.
 5. Тяжелые металлы в компонентах экосистем промышленных регионов с развитой металлургической промышленностью: монография / Янтурин С.И., Кужина Г.Ш., Боброва О.Б., Черчинцев В.Д.; под общ. ред. Черчинцева В.Д. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 127 с.
 6. Сенник А.И., Милоков С.В., Прошкина О.Б. Образование выбросов сероводорода при внепечной грануляции доменных шлаков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2008. № 3. С. 75-79.
 7. Гроспич К.-Х., Эверс В., Домбровски Г. Новая установка грануляции шлака // Черные металлы. 2004. январь. С. 33-40.
 8. Свиридова Т.В., Боброва О.Б. Варианты использования отходов металлургического производства // Современные тенденции развития науки и технологий, 2015. № 7-2. С. 144-146.
 9. Двуреченская Я.И., Карбаинова Н.В., Прошкина О.Б. К вопросу об объектах размещения отходов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2011. № 1. С. 136-138.
 10. Карбаинова Н.В., Прошкина О.Б. Источники загрязнения атмосферного воздуха при переработке шлаков // Теория и технология металлургического производства.: межрегиональный сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. Вып. 10. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. С. 177-181.

УДК 504.064.2

Д.Д. Давлетова, Ю.В. Сомова

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АЗС «ЛУКОЙЛ» ул. СЕВЕРНЫЙ ПЕРЕХОД, 3 г. МАГНИТОГОРСК

Аннотация. В данной статье описана сущность инженерно-экологических изысканий на примере проведения данных исследований при реконструкции АЗС №74057. Описаны основные этапы проведения изысканий и рекомендации для нормального функционирования экосистемы в период застройки и эксплуатации объекта.

Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, экосистема, фоновая концентрация, камеральные работы, мониторинг.

Необходимость инженерно-экологических изысканий определяется сущностью данного исследования, которая заключается в комплексном изучении элементов окружающей среды, а также социально-экономических и техногенных условий на участке расположения проектируемого объекта. Выполняются они для обоснования ведения строительства или другой хозяйственной деятельности.

Инженерно-экологические изыскания – это комплексные мероприятия, в соответствии с приказом Министерства регионального развития РФ № 624 от 30.12.2009 г., которые включают в себя выполнение инженерно-экологической съемки территории; исследование химического загрязнения атмосферного воздуха, почвогрунтов, поверхностных и подземных вод, источников загрязнения; лабораторные химико-аналитические и газохимические исследования образцов и проб почвогрунтов и воды; исследование и оценку физических воздействий и радиационной обстановки на местности; изучение растительности, животного мира; санитарно-эпидемиологическое и медико-биологическое исследование территории.

Данную разновидность инженерных изысканий проводят для того, чтобы оценить существующее состояние экосистемы и спрогнозировать вероятные изменения в ней вследствие антропогенного воздействия. Определяющим фактором является то, что инженерно-экологические работы проводят не только при подготовке новых строительных проектов, но и в случае реконструкции жилых зданий, технического переоснащения промышленных предприятий, эксплуатации и ликвидации сооружений. Основная цель экологических изысканий – минимизация или ликвидация вредных экологических факторов, и связанных с ними социальных и экономических последствий для сохранения нормальных условий жизни и деятельности населения.

Совместно с отделом строительного контроля, оценки и инженерных изысканий ООО «ВЕЛД» нами были выполнены инженерно-экологические изыскания в связи с реконструкцией АЗС №74057, по адресу: г. Магнитогорск, ул.Северный переход, 3, Челябинская область. Работа проводилась с 15 сентября 2015 года согласно Техническому заданию на выполнение инженерных изысканий, выданном ООО «ИжНефтеПроект».

Изыскания были выполнены в соответствии с заранее установленным порядком и включали три этапа:

1 этап: подготовительный. Он заключался в сборе опубликованных и фондовых материалов предыдущих изысканий, их анализе и предполовом дешифровании. Было составлено техническое задание на исследования, определены сроки проведения экологических изысканий и их стоимость.

2 этап: полевой. Были проведены маршрутные наблюдения, полевое дешифрование, проходка горных выработок, опробование, газогеохимические, радиометрические и прочие натурные исследования. Для дальнейшей обработки материалов были составлены сводные таблицы показателей, схемы и осуществлен сбор базы данных.

3 этап: камеральный. Этот этап включал химико-аналитические и другие лабораторные исследования, анализ полученных данных, разработку прогнозов и рекомендаций, согласование актов и заключений с инспектирующими организациями города. В итоге был составлен технический отчет.

Замеры были произведены Лабораторией неразрушающего контроля и диагностики ООО «ВЕЛД». Лабораторные исследования выполнены в соответствии

с СП 11-102-97 и задачами, стоящими перед изысканиями, в специализированных лабораториях г. Магнитогорск. В процессе камеральных работ нами был произведен анализ и обработка полученных данных по результатам выполненных полевых и лабораторных работ.

Оценка степени загрязненности атмосферного воздуха, почвогрунтов, грунтов, подземных вод, произведенные путем сравнения истинной концентрации загрязняющих элементов с соответствующими ПДК, показали следующее:

1) фоновые концентрации загрязняющих веществ в воздухе являются максимальной разовой концентрацией примеси, значение которой превышает в 5% случаев, и характеризуют загрязнение атмосферы, создаваемое всеми источниками выбросов на участке;

2) в соответствии с «Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» содержание нефтепродуктов в грунтах соответствует 1-му уровню загрязнения земель – допустимому;

3) суммарный показатель химического загрязнения проб почв №9151, №9152 и №9153 рассчитанный по формуле (3), имеет значения от 25,1 до 33,7, что относит грунт на площадке строительства к «Опасной» категории загрязнения (СанПиН 2.1.7.1287-03 Приложение 1)

Гамма-фон на участке застройки не превышает допустимый уровень 0,6 мкЗв/ч, что соответствует требованиям п.5.2.3 СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010).

На участке установлено превышение допустимого уровня по эквивалентному и по максимальному уровню звука для участка автомобильной дороги по ул. Северный переход.

Превышение ПДУ для инфразвука не установлено.

В геоморфологическом отношении площадка изысканий приурочена к правому берегу р. Урал. В тектоническом отношении район изысканий относится к главному уральскому разлому второго порядка в границах западной и центральной магнитогорской мегазон Урало-сибирской эпигерцинской платформы.

В геологическом строении исследуемой площадки принимают участие пологозойские образования, сверху перекрытые мезозойскими образованиями, а также делювиальными отложениями четвертичного периода.

Особо охраняемые территории (заповедники, парки) в пределах исследованной территории отсутствуют.

По окончании исследований было сделано следующее заключение: в период застройки и эксплуатации, инженерно-экологические исследования должны быть продолжены посредством организации мониторинга за эффективностью защитных мер и динамикой экологической ситуации, согласно п. 4.90, 4.91 СП.11-102-97. Принятие решений о продолжении исследований и необходимости проектирования мероприятий осуществляется с учетом факторов риска, стоимости мероприятий, реального влияния загрязнений на экосистемы, отсутствия отрицательных вторичных последствий этих мероприятий на другие обстоятельства.

Список литературы

1. СНИП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
2. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.

3. Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / М.В. Буторина, П.В. Воробьев, А.П. Дмитриева и др.; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадиной. М.: Логос, 2003.
4. Для подготовки данной работы были использованы материалы с сайта <http://www.studfiles.ru/>
5. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 23.01.2016) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

УДК 630*116.64

В.С. Ворсин, Н.Л. Коробова

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ г. МАГНИТОГОРСКА В СВЯЗИ С ЗАДАЧАМИ ЗЕЛЁНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДОВ С ЧЁРНОЙ МЕТАЛЛУРГИЕЙ

***Аннотация.** В работе выявлен характер пространственной динамики ряда биометрических показателей сосны обыкновенной, произрастающей в пределах г. Магнитогорска. Даны рекомендации по совершенствованию методов реабилитации промышленных урбосистем с чёрной металлургией с помощью зелёного строительства.*

***Ключевые слова:** чёрная металлургия, урбосистемы, щелочной аэрозоль, хвойный опад, годовой прирост веток, биоиндикация, фитоценозы, зелёное строительство, сосна обыкновенная.*

Высшие растения активно оздоравливают городскую среду. Городские зелёные насаждения выделяют O_2 и фитонциды; поглощают агрессивные газы (CO_2 , SO_2 , NO_2 и др.); играют большую роль в регулировании температуры и влажности воздуха, формировании благоприятного микроклимата [1], снижении запылённости и общего уровня шума; имеют огромное эстетическое значение и обеспечивают комфортность для проживания населения [2-4].

Важной особенностью городов с чёрной металлургией является присутствие в их атмосфере промышленной щелочной пыли, содержащейся в технологических и неорганизованных выбросах ряда металлургических производств. В зависимости от этапа производства и наличия открытых горных выработок промышленная щелочная пыль может быть представлена известью, доломитом, известняком, магнезитом, обожжённым доломитом и магнезитом и в виде мелкодисперсного аэрозоля распространяться на большие расстояния [5].

Известковый аэрозоль крайне губителен для вечнозелёных растений [6]. Он оседает на листьях и хвое и, в отличие от других аэрозолей, не сдувается ветром и не смывается осадками. После намочения и дальнейшего высушивания он образует твёрдую корку, которая механически сдерживает рост растений, а также снижает светопоглощение и засоряет устьица, ухудшает газообмен.

В результате такого воздействия снижается интенсивность фотосинтеза и ухудшается рост растений. Щелочные растворы, образующиеся при взаимодей-

ствии известкового аэрозоля с атмосферной влагой, вызывают ожоги покровных тканей растений, что открывает путь грибковым инфекциям [7].

Выше указываемые явления вызывают обильный хвойный опад, характеризующийся аномальной щелочной реакцией, и способствуют формированию апикального охвоения, что следует рассматривать как форму деградации растений. Деградируемые лесопосадки не способны осуществлять экологическое функционирование должным образом и не соответствуют архитектурно-планировочным требованиям.

Присутствие в черте города заводов по производству строительных материалов также служит источником загрязнения атмосферы известковой пылью [2, 8]. Всё это делает необходимым использование в зелёном строительстве урбосистем городов с чёрной металлургией растений, устойчивых к действию известкового аэрозоля. Это позволит сформировать высокоэффективные в экологическом отношении фитоценозы, которые будут активно способствовать процессам самоочищения атмосферы таких городов.

Пространственная динамика значений биопоказателей сосны обыкновенной и рН снега в г. Магнитогорске в 2015 г.

Биопоказатель	Площадки	$\bar{X} \pm m^*$	δ	V, %	R	n
Годовой прирост веток, см	Химчистка	7,36 ± 0,16	1,61	21,86	7,30	100
	МГТУ им. Носова	6,95 ± 0,08	0,84	12,08	4,10	100
	ДК им. Ромазана	9,37 ± 0,23	2,29	24,39	12,40	90
	Сады "Калибровщик"	7,32 ± 0,10	1,10	18,95	5,80	100
	К/т. "Современник"	7,30 ± 0,12	1,24	17,04	6,00	100
	МаГУ (бывш.)	8,52 ± 0,16	1,63	19,16	7,30	100
	Фоновая	11,40 ± 0,19	2,02	17,53	11,20	100
Масса прироста, г	Химчистка	4,31 ± 0,13	1,26	29,14	7,10	100
	МГТУ им. Носова	5,54 ± 0,10	1,00	18,06	4,00	100
	ДК им. Ромазана	9,34 ± 0,32	3,21	34,40	13,21	90
	Сады "Калибровщик"	5,13 ± 0,13	1,36	24,72	4,85	100
	К/т. "Современник"	4,91 ± 0,05	0,50	10,26	2,40	100
	МаГУ (бывш.)	7,75 ± 0,24	2,42	31,17	9,40	100
	Фоновая	8,38 ± 0,24	2,43	29,00	15,86	200
рН	Химчистка	6,55 ± 0,11	0,19	2,86	0,45	3
	МГТУ им. Носова	6,89 ± 0,22	0,54	7,78	1,55	6
	ДК им. Ромазана	6,78 ± 0,12	0,21	3,09	0,50	3
	Сады "Калибровщик"	6,81 ± 0,15	0,26	3,81	0,60	3
	К/т. "Современник"	6,59 ± 0,07	0,17	2,57	0,50	6
	МаГУ (бывш.)	6,35 ± 0,26	0,63	9,95	1,95	6
	Фоновая	4,98 ± 0,09	0,28	5,63	0,97	10

* \bar{X} – среднее значение статистического ряда; m – систематическая погрешность; δ – среднее квадратическое отклонение; V – коэффициент варьирования; R – размах варьирования; n – количество образцов.

Наименьшие значения среднего арифметического всех биометрических показателей для площадки «ост. Химчистка. Северный переход» объясняются наибольшей близостью её расположения к одному из основных источников щелочного аэрозоля – цементному заводу г. Магнитогорска.

Наибольшие значения всех исследуемых биометрических показателей сосны обыкновенной характерны для фоновой площадки, характеризующейся наиболее благоприятными условиями произрастания, и, в первую очередь, отсутствием в воздухе щелочной промышленной пыли [9].

Таким образом, пространственное распределение исследуемых биопоказателей сосны обыкновенной указывает на ухудшение роста растений по мере приближения к основным источникам промышленной щелочной пыли [5].

В городах с чёрной металлургией не рекомендуется сажать сосну обыкновенную в пределах зоны распространения промышленной щелочной пыли. Исследуемые биометрические показатели сосны обыкновенной могут быть использованы для совершенствования принципов экологического нормирования.

Список литературы

1. Черчинцев В.Д., Коробова Н.Л., Серова А.А. Характеристика хвойных насаждений промышленного города с развитой чёрной металлургией // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №2. С. 82-83.
2. Мэннинг У.Дж., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидрометеониздат, 1985. 143 с.
3. Барайщук Г.В., Гайвас А.А. Влияние антропогенных факторов на хвойные насаждения Омска // Защита и карантин растений. 2006. №9. С. 35.
4. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учеб. пособие / СПб ГТУРП. СПб., 2012. 67 с.
5. Ворсин В.С., Коробова Н.Л. Оценка чувствительности сосны обыкновенной г. Магнитогорска к действию щелочного аэрозоля в связи с задачами зелёного строительства // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2015. Т. 1. С. 80-84.
6. Ворсин В.С., Коробова Н.Л. Чувствительность годичного прироста веток сосны обыкновенной и березы пушистой к действию щелочного аэрозоля // Безопасность жизнедеятельности: наука, образование, практика: материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием: сборник научных статей. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ. 2014. С. 230-232.
7. Коробова Н.Л. Мониторинг кислотно-основного состояния почв: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2000. 55 с.
8. Ворсин В.С., Коробова Н.Л. Оценка экоситуации в г. Магнитогорске по биопоказателям лиственницы сибирской и сосны обыкновенной // Теория и технология металлургического производства. 2013. № 1 (13). С.64-66.
9. Дробный О.Ф., Черчинцев В.Д., Коробова Н.Л. Оценка реакции снега г. Магнитогорска в связи с задачами экомониторинга // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 11 Международной научной школы молодых учёных и специалистов. М.: ИПКОН РАН. 2013. С. 236-238.

Н.И. Барышникова, Е.С. Вайскрובה, Л.А. Маюрникова

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

***Аннотация.** Рассмотрен процесс разработки на предприятиях общественного питания интегрированной системы управления качеством и безопасностью с целью улучшения качества и безопасности блюд, а также предоставляемых услуг.*

***Ключевые слова:** качество, безопасность, общественное питание, система менеджмента качества, система ХАССП, интегрированная система управления качеством и безопасностью.*

В условиях рыночных отношений управление качеством на сервисных предприятиях становится важным фактором, основное содержание которого - обеспечение оптимального уровня услуг, способного полностью удовлетворить все запросы потребителя. Высокое качество услуг является самой весомой составляющей, определяющей их конкурентоспособность. Только на основе высокого качества своей работы сервисное предприятие может выжить в условиях конкуренции и получать устойчивую прибыль.

Стабильному обеспечению качества продуктов и услуг во многом способствует внедрение на предприятиях системы менеджмента качества в соответствии с требованиями ИСО 9001, которая определяет для клиентов уровень сервиса предприятия [1].

Современные тенденции развития предприятий общественного питания, связаны с непрерывным совершенствованием технологий и использованием новых видов сырья, что приводит к расширению ассортимента продуктов питания и формированию новых опасных факторов для здоровья человека [2].

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 при осуществлении процессов производства (изготовления) пищевой продукции, связанных с требованиями ее безопасности, изготовитель должен разработать, внедрить и поддерживать процедуры, основанные на принципах ХАССП. Поэтому для обеспечения безопасности продукции общественного питания на предприятии необходимо разрабатывать и внедрять систему ХАССП [1].

На данный момент система ХАССП представлена двумя стандартами. Если сравнивать ГОСТ Р 51705.1 и ИСО 22000, то вторая – более современная система, более высокого уровня и, следовательно, более востребованная. В связи с этим предприятиям общественного питания актуально в настоящее время разрабатывать, внедрять и поддерживать в рабочем состоянии систему менеджмента безопасности на основе стандарта ИСО 22000, который направлен на еще большее повышение безопасности выпускаемой продукции.

В результате вышесказанного, для реализации эффективной политики в области обеспечения качества и безопасности продуктов питания необходимо использовать комплексный подход, который заключается в создании на предприя-

тиях общественного питания интегрированной системы управления качеством и безопасностью (ИСУКиБ), базирующейся на стандартах ИСО 9001 и ИСО 22000.

Необходимость создания ИСУКиБ на предприятиях общественного питания обусловлена возможностью координировать на процессной и системной основе управление важными для предприятия направлениями деятельности - качеством и безопасностью выпускаемых блюд и предоставляемых услуг [3].

Для формирования ИСУКиБ на предприятиях общественного питания нами была разработана ее модель.

На начальном этапе разработки ИСУКиБ был проведен сравнительный анализ требований интегрируемых стандартов с целью установления областей интеграции этих систем. Анализ данных показал, что некоторые требования ИСО 9001 в стандарте ИСО 22000 отсутствуют и, наоборот, в силу разных целей и объектов стандартизации. С использованием экспертного метода выявлены 10 областей интегрирования стандартов ИСО 9001 и ИСО 22000, и разработана матрица требований к элементам ИСУКиБ. Сформированные таким образом элементы ИСУКиБ отражают требования, предъявляемые как качеству, так и безопасности блюд.

Одним из ключевых элементов при внедрении системы управления качеством и безопасностью является идентификация процессов предприятия. Важно выделить процессы именно того уровня, управление которыми будет наиболее эффективно. Для этого необходимо идентифицировать процессы жизненного цикла блюд, которые наиболее удобные для контроля и управления.

Предложено рассматривать в качестве определяющих следующие 8 стадий: Маркетинг и заключение договоров; Планирование и управление производством; Проектирование и разработка; Закупки сырья и материалов; Производство; Управление оборудованием; Мониторинг процессов и продукции; Реализация.

При выделении и описании процессов жизненного цикла блюд была использована нотация IDEF0, с помощью которой установлены закономерности влияния этапов жизненного цикла блюд на показатели качества и безопасности.

На следующем этапе разработки ИСУКиБ нами были обоснованы потенциальные источники возникновения опасных факторов и риски, характерные при производстве блюд, выявлены недопустимые риски, установлен перечень критических контрольных точек и разработан план ХАССП для управления в данных критических контрольных точках.

Таким образом, были применены и разработаны принципы ХАССП. Для предотвращения и устранения выявленных опасных факторов были разработаны программы обязательных предварительных мероприятий (ППМ).

С учетом сформулированных требований (элементов) была построена модель ИСУКиБ на предприятии, основанная на процессном подходе.

Все процессы предприятия были разделены на следующие виды: базовые, обеспечивающие и управленческие. Определен состав каждого из этих видов процессов, определены их входные и выходные данные. На основе проведенных исследований была разработана матрица ответственности, в которой определены владельцы процессов [4].

Проанализированы требования к структуре и составу документации, на основе которых была разработана типовая единая структура документации ИСУКиБ и определен её состав. Документация позволяет увязать идентифицированные нами

процессы между их участниками, избавиться от разобщенности и внутренних конфликтов, а также провести мониторинг их результативности.

В результате вышеизложенного была разработана модель ИСУКиБ предприятия общественного питания на основе стандартов ИСО 9001 и ИСО 22000 с использованием процессного и системного подходов.

От внедрения ИСУКиБ предприятия получат ряд преимуществ: оптимизируется деятельность предприятия; станет более четкой прослеживаемость и прозрачность предприятия; снизятся материальные ресурсы и несоответствия продукции; повысится качество и безопасность блюд и предоставляемых услуг, и как следствие повысится конкурентоспособность продукции и предприятия в целом.

Список литературы

- 1 Барышникова Н.И., Вайскрובה Е.С., Рябова В.Ф. Управление качеством на предприятиях общественного питания // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й межрегиональной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Т. 1. С. 239-242.
- 2 Маюрникова Л.А., Крапива Т.В., Кокшаров А.А. Обоснование необходимости внедрения систем качества на предприятиях общественного питания // Ползуновский вестник. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. 2011. №3. С. 192-196.
- 3 Вайскрובה Е.С., Барышникова Н.И. Интегрированная система управления качеством и безопасностью на предприятиях пищевой промышленности: монография. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 88 с.
- 4 Вайскрובה Е.С., Песин А.М. Проектирование интегрированной системы менеджмента качества и безопасности на основе процессного подхода // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 68-й межрегиональной научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Т. 1. С. 3-6.

УДК 642.58

Т.Н. Зайцева, А.А. Быстрова

СОСТОЯНИЕ РЫНКА УСЛУГ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ г. МАГНИТОГОРСКА

***Аннотация.** Исследовано состояние рынка услуг общественного питания, цели и задачи общественного питания в муниципальных учреждениях г. Магнитогорска.*

***Ключевые слова:** услуги общественного питания, закупки, организация питания в школах и детских садах*

Услуги общественного питания представляют собой результат деятельности предприятий, которые направлены на обеспечение удовлетворение потребностей людей в питании и проведении досуга. При этом услуги общественного питания должны соответствовать целевому назначению, точности и своевременности предоставления; безопасности и экологичности; эргономичности и комфортности; эстетичности; культуры обслуживания; социальной адресности; информативности. Все эти требования нормируются требованиями ГОСТ Р 50764-95 «Услуги общественного питания. Общие требования».

К муниципальным учреждениям относится весь комплекс жилищно-коммунальных, транспортных (в пределах территории поселения), бытовых, торговых, образовательных, медицинских, культурных, досуговых и других услуг. К ним следует относить и обеспечение общественного порядка, обустройство и содержание территории, обеспечение ее экологического и санитарного благополучия и т.д.[2-6].

Предоставление услуг общественного питания в муниципальных учреждениях могут осуществляться только через государственные закупки. Процедуру госзакупок в Российской Федерации регламентирует Федеральный закон № 44-ФЗ от 05 апреля 2013 года «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Размещение государственного заказа может осуществляться двумя способами: путем проведения торгов (конкурентные) и без проведения торгов (неконкурентные закупки). Конкурсентные закупки бывают открытые и закрытые. В свою очередь к неконкурентным закупкам относятся закупки у единственного поставщика (исполнителя, подрядчика).

В г. Магнитогорске основным подрядчиком по предоставлению услуг общественного питания в закрытую социальную сферу города и организация питания детей в школах и детских садах города осуществляет муниципальное предприятие «Горторг» [6].

МП «Горторг» в г. Магнитогорске организует питание в 62 общеобразовательных школах, 3 лицеях, 4 интернатах, а с 17 марта 2014 года и в 133 муниципальных дошкольных образовательных учреждениях города, что составляет соответственно 99% от общего количества школ (примерно 40 тысяч школьников) и 98% от общего количества детских садов (это около 26 тысячи малышей). Также МП «Горторг» предоставляет услуги по организации горячего питания в городской больнице № 2 [5].

Питание детей в дошкольных учреждениях предусматривает 5-разовое сбалансированное питание, которое состоит из завтрака, второго завтрака, обеда, полдника и ужина, для детей вечерней группы предусмотрен второй ужин. Нормы детского питания в детском саду регламентируются СанПиН 2.4.1.3049-13 и включает в себя весь набор продуктов — крупы, злаки, овощи, фрукты, творог, молоко, мясо, рыба, специально рассчитывается калорийность продуктов на определенную возрастную категорию ребенка (до 3 лет и с 3 до 7 лет). В СанПиН 2.4.1.3049-13 утверждены размеры порций, ежедневное количество необходимых питательных веществ для детей разных возрастов. В детских садах разрабатывают 10-дневное меню, которое исключает жареные, копченые, острые, жирные блюда. Из термической обработки блюда подвергаются тушению, запеканию, варки на пару.

Успехом нормального умственного и физического развития ребенка является организация полноценного, горячего питания в школах. Установлено, что основное нарушение в питании детей и взрослых – это потребление большого количества углеводов и жиров животного происхождения и дефицит ягод, овощей и фруктов. По данным Роспотребнадзора по Челябинской области в г. Магнитогорске, содержание витаминов в организме нормальное только у 10-12% детей, дефицит одного витамина можно найти у каждого третьего ребенка, двух витаминов – у каждого второго, а дефицит трех и более витаминов – у каждого десятого ребенка [1,6].

Согласно методическим рекомендациям № 0100/8604-07-34 «Рекомендуемые среднесуточные наборы продуктов для питания детей 7-11 и 11-18 лет» завтрак должен включать в себя закуску (салаты), горячее блюдо (как правило, это молочные каши, супы, омлеты, сырники и запеканки) и горячий напиток (чай, какао, компот). Обед должен состоять из закуски, первого блюда (супа), второго (рыба или мясо с гарниром из овощей или круп) и третьего (сладкий чай, кисель, компот). В полдники рекомендуется включать булочки и кисломолочные напитки или молоко. Сбалансированное меню в школьных столовых рекомендуется разрабатывать на 12 дней. При организации школьного питания также предусмотрены щадящие режимы - варка, запекание, тушение, которые направлены на максимальное сохранение питательных веществ и витаминов в пище.

Горячее питание для учащихся всех школ в г. Магнитогорске осуществляется с предварительным накрытием столов в соответствии с разнообразным недельным меню с указанием выхода, цены и калорийности блюд. Также в школьных столовых предусмотрены буфеты, которые реализуют свежую выпечку и напитки.

Согласно программы, утвержденной постановлением Главы города Магнитогорска «О концепции развития здорового питания и коррекции дефицита микронутриентов с целью улучшения питания и здоровья населения г. Магнитогорска», в питании детей используются продукты с высокой пищевой и биологической ценностью, обогащенные витаминами и минеральными веществами. С целью ликвидации дефицита макро- и микронутриентов, витаминной недостаточности, в питании детей общеобразовательных учреждений используется кисломолочный продукт, обогащенный пробиотиками «Бифидок», витаминизированная мука, обогащенная витаминами группы В для выпечки хлеба, витаминизированное какао несвик, кисели, поливитаминный напиток «Золотой шар», в состав которого входит фруктоза, витаминный премикс (С, В₁, В₂, В₆, В₁₂, РР, А, Е, пантотеновая кислота, фолиевая кислота, биотин) пищевые волокна, в питании детей используется только йодированная соль. Дети, состоящие на учете у фтизиатра и получающие химиотерапию, обеспечиваются молоком детским «Здрайверы», обогащенным витаминами А, D, Е, С, кальцием и йодом.

Таким образом, услуги общественного питания, предоставляемые в муниципальных учреждениях г. Магнитогорска направлены:

- обеспечение соответствия энергетической ценности рациона энергозатратам ребенка в зависимости от возраста;
- сбалансированность в рационе всех заменимых и незаменимых пищевых веществ;
- максимальное разнообразие продуктов и блюд, обеспечивающих сбалансированность рациона;

– правильную технологическую и кулинарную обработку продуктов, с сохранностью их исходной пищевой ценности.

Список литературы

1. Актуальность организации «бережливого производства» на предприятиях общественного питания / Долматова И.А., Миллер Д.Э., Лаптева М.Д., Быстрова А.А. // Молодой ученый. 2015. №23. С. 137-139.
2. Долматова И.А., Быстрова А.А. Пути повышения рентабельности предприятий общественного питания в условиях кризиса // Качество продукции, технологий и образования: материалы X Междунар. науч.-прак. конф. Магнитогорск: Изд-во гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. - С. 90-93.
3. Долматова И.А., Быстрова А.А., Лаптева М.Д. Лечебное питание отдыхающих в столовых при организации санаторно-курортного питания /Современные технологии и управление: материалы III Междунар. науч.-прак. конф. Светлый Яр: филиал ФГБОУ ВПО МГУТУ им. Разумовского в р.п. Светлый Яр, 2014. С. 255-257.
4. Долматова И.А., Рябова В.Ф., Персецкая К.М. Анализ рынка услуг общественного питания России и г. Магнитогорска /Качество продукции, технологий и образования: материалы IX Междунар. науч.-прак. конф. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. С. 93-96.
5. МП «Горторг» - О компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа. - gortorg.info
6. Управление качеством в организации школьного питания / Долматова И.А., Зайцева Т.Н., Рябова В.Ф. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования [Текст]: матер. 73-й международной науч.-техн. конф. / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Т.1. С. 212-216.

УДК 641.5

И.А. Долматова, М.Д. Лаптева

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА КАЧЕСТВО ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. *Исследовано влияние основного сырья используемого для производства мучных кондитерских изделий на показатели качества готовой продукции.*

Ключевые слова: *мучные кондитерские изделия; показатели качества.*

Качество пищевых продуктов, и в частности мучных кондитерских изделий, обуславливается, прежде всего, двумя основными факторами: качеством исходного сырья и спецификой технологических операций его переработки.

Сырье, используемое в производстве мучных кондитерских изделий, можно условно разделить на основное и дополнительное.

Основное сырье, используемое при производстве мучных кондитерских изделий, формирует у готовых полуфабрикатов определенную структуру с необходимыми механическими и реологическими свойствами. Основными видами сырья, используемыми в кондитерском производстве, являются пшеничная мука, крахмал, жиры, сахар, сливочное масло, яйца, патока. Из всего используемого сырья на их долю приходится 90% [2].

Сырьем для кондитерского производства служит пшеничная мука из мягкой пшеницы высшего или 1-го сорта. Известно около 20 видов пшеницы, из которых наибольшее распространение получили мягкая (*Triticum vulgare*) и твердая (*Triticum durum*) пшеницы. На долю мягкой пшеницы в нашей стране приходится более 90% посевов и сборов, твердой – около 7%. Зерновки мягкой и твердой пшеницы различаются между собой по ряду признаков: окраске, форме, стекловидности и т.д. [3].

На кондитерские предприятия и предприятия общественного питания пшеничная мука поступает в мешках. При проведении входного контроля качества муку пшеничную хлебопекарную оценивают по ГОСТ 26574-84 по таким показателям, как цвет, запах, вкус (органолептические); влажность, зольность, содержание минеральной примеси, крупность помола, количество клейковины (физико-химические).

Влажность муки является важным показателем качества, так как она непосредственно влияет на выход готового изделия. В соответствии с нормативными требованиями, влажность муки не должна превышать 15%. Это связано, прежде всего, с тем, что при составлении рецептур на кондитерские изделия во внимание берется базовая влажность муки – 14,5% [6].

Клейковина в кондитерском производстве выполняет две основные функции: является пластификатором, то есть выполняет роль своеобразной смазки, придающей массе крахмальных зерен текучесть, и связующим веществом, соединяющим крахмальные зерна в единую тестовую массу. Первое свойство клейковины позволяет формировать тесто, второе – сохранять приданную тесту форму. Например, бисквитные полуфабрикаты должны иметь пышную, мелкопористую структуру, то для их производства применяется мука высших сортов с небольшим содержанием клейковины, иначе бисквит будет затянутым, с низким подъемом. Вследствие чрезмерно выраженных клейковинных свойств и слишком большой упругости теста оно в этом случае имеет большие внутренние напряжения, и полуфабрикаты получаются деформированными, поверхность оказывается рябой, с пузырями. Большое содержание клейковины в муке для производства этих полуфабрикатов также является неблагоприятным, так как при замесе теста требуется больше воды, что ведет к увеличению продолжительности выпечки и расхода на нее тепла [1,4].

На качество готовых мучных полуфабрикатов большое влияние оказывает крупность помола муки: чем крупнее помол, тем меньше удельная поверхность частиц муки и, следовательно, поверхность соприкосновения муки с водой. Поэтому набухание муки замедляется и снижается, влажность теста уменьшается. Вместе с тем, уменьшается и поверхность муки, на которую распределяются сахар и жир, содержащийся в тесте при замесе. Так, для уменьшения количества

клейковины в бисквитном тесте и снижения степени ее набухаемости используется крахмал. Крахмал, используемый при производстве мучных кондитерских изделий не должен иметь хруста, постороннего запаха и наличия свободных минеральных кислот, свободного хлора, тяжелых металлов.

Большое влияние на органолептические показатели мучных кондитерских изделий и на их структуру оказывает сахар. При увеличении дозировки сахара в рецептуре мучных кондитерских изделий тесто становится более мягким и вязким, при этом снижается потребность в воде для замеса теста. Также при производстве бисквитного полуфабриката, возможно, использовать сладкие сиропобразные продукты: патоку, инвертный сироп, мед, добавление которых в умеренных количествах придает тесту большую мягкость, повышает пластичность, намокаемость изделий, их гигроскопичность (задерживает высыхание). При добавлении патоки отмечено улучшение органолептических показателей полуфабриката. Например, изделия из бисквитного теста при добавлении патоки становятся золотистыми и более сладкими, но при увеличении дозировки патоки бисквитное тесто становится слишком вязким и липким.

В рецептуру мучных кондитерских изделий вводят яйца, улучшая пищевое достоинство изделия - пористость, благодаря пенообразующим свойствам белка и эмульгирующим свойствам лецитина желтка. Применение в кондитерском производстве меланжа придает изделиям пористость, и способствует фиксации структуры, что связано с содержанием в нем лецитина [1,5].

Вода является растворителем и необходимым компонентом образования коллоидной системы бисквитного теста. Вода, используемая в кондитерском производстве должна быть без вкуса, без цвета, без запаха.

При приготовлении мучных кондитерских изделий применяют следующие индивидуальные щелочные химические разрыхлители – двууглекислый натрий (бикарбонат натрия) и углекислый аммоний. Они участвуют в разрыхлении теста, и воды в виде пара. Образующийся углекислый натрий обеспечивает щелочную среду изделиям, при этом он окрашивает поверхность изделий в красивый желтоватый цвет и придает им специфический «содовый» привкус. Углекислый аммоний не оказывают влияния на цвет и щелочность изделий; при избытке углекислого аммония длительное время ощущается запах аммиака. Для получения изделий с хорошей пористостью, без постороннего запаха и со щелочностью в пределах санитарных норм обычно применяют двууглекислый натрий в сочетании с углекислым аммонием.

В последнее время широко применяются в кондитерской промышленности разрыхлители теста, в состав которых входят дигидрофосфат натрия, гидрокарбонат натрия, монофосфат кальция, тартрат аммония, сульфат кальция, кукурузный крахмал и др.

Для придания кондитерским изделиям сдобного вкуса используют пищевые жиры, которые повышают рассыпчатость изделий, улучшают цвет в изломе, способствуют более длительному сохранению свежести изделий — задерживают черствение.

Таким образом, на качество готового продукта значительное влияние оказывает как основное, так и вспомогательное сырье. Используя качественное сырье, можно добиться производства изделия заданного качества.

Список литературы

1. Бутейнис, Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий [Текст]: учебник / Н.Г. Бутейнис, А.А. Жукова. М.: ИППО [и др.], 2001. 304 с.
2. Долматова И.А., Персецкая К.М., Иванова Г.Д. Перспективные направления производства мучных кондитерских изделий функциональной направленности // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение. В 2 ч. Ч.1.: мат. Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж: ВГУИТ, 2014. С. 417-420.
3. Дранкова Н.А., Зайцева Т.Н. Сравнительный анализ качества макаронных изделий из твердых и мягких сортов пшеницы // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: матер. 69-ой межрегион. науч.-тех.конф. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2011. № 1. С. 212-215.
4. Зайцева, Т.Н. Биохимические основы производства пищевых продуктов [Текст]: учеб. пособие / Т.Н. Зайцева, Н.И. Барышникова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2010.
5. Персецкая К.М., Рябова В.Ф., Долматова И.А. Особенности химического состава и пищевой ценности хлебобулочных изделий функционального назначения // Кузбасс: образование, наука: мат. Инновационного конвента. Кемерово; Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. С. 164-166.
6. Рябова В.Ф., Персецкая К.М., Лаптева М.Д. Характеристика основного сырья для производства бисквитных тортов и его влияние на качество готовой продукции // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: мат. II Междунар. науч.-прак. конф. Воронеж: ВГУИТ, 2015. С.518-522.

УДК 637.521.4

В.Ф. Рябова, Д.Э. Миллер

ИЗМЕНЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ БЛЮД ИЗ МЯСА ПТИЦЫ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Аннотация. *Исследовано изменение химического состава и пищевой ценности мяса птицы при проведении тепловой обработки.*

Ключевые слова: *тепловая обработка, пищевая ценность, мясо птицы.*

В пищевом отношении блюда, полученные из мяса птицы, являются ценным пищевым продуктом, так как содержат большое количество полноценных белков, липидов, экстрактивных, минеральных веществ и витаминов. Высокая пищевая и биологическая ценность белков мяса птицы обусловлена практически полной перевариваемостью их ферментами желудочно-кишечного тракта, значительным содержанием и оптимальным соотношением незаменимых аминокислот. Именно поэтому мясо птицы является одним из основных источников поступления белка. Однако при проведении технологических процессов производства блюд из мяса птицы, белки подвергаются гидратации, дегидратации, денатурации и деструк-

ции, а низкомолекулярные вещества – пиролизу с образованием новых химических веществ. Указанные процессы по-разному влияют на пищевую ценность и безопасность готовых блюд из мяса птицы и требуют более детального рассмотрения [1,3].

Гидратация белков блюд из мяса птицы обусловлена в основном адсорбционно- и химически связанной водой. Потеря белками связанной воды происходит под влиянием внешних воздействий. В концентрированных растворах белков при добавлении воды происходит дополнительная гидратация, от которой зависят сочность готовых изделий, способность полуфабрикатов из мяса птицы удерживать влагу. Примерами гидратации в приготовлении блюд из мяса птицы является приготовление котлетной массы из нее. Различают необратимую дегидратацию белков, происходящую при замораживании, хранении в замороженном состоянии и размораживании мяса, при тепловой обработке продуктов, и обратимую дегидратацию, являющуюся составной частью целенаправленного процесса – сублимационной сушки продуктов. Необратимая дегидратация белков может быть причиной уменьшения массы продукта, некоторого снижения его пищевой ценности, в том числе и органолептических показателей [2,4].

Важным свойством белков мяса птицы является их способность к денатурации, т.е. белки под влиянием различных физических и химических факторов теряют свои первоначальные свойства. Внешне это выражается в их свертывании и выпадении в осадок. При тепловой денатурации белков мяса птицы происходит агрегирование белковых молекул. Поскольку гидратная оболочка вокруг молекулы белка нарушается, отдельные молекулы белка соединяются между собой в более крупные частицы и уже не могут держаться в растворе. Начинается процесс свертывания белков, в результате которого образуются новые молекулярные связи.

Взаимодействие денатурированных молекул белка в растворах и гелях протекает по-разному. В слабоконцентрированных белковых растворах при тепловой денатурации агрегация молекул белка происходит путем образования межмолекулярных связей как прочных, так и слабых. В результате образуются крупные частицы. Дальнейшая агрегация частиц приводит к расслоению коллоидной системы, образованию хлопьев белка, выпадающих в осадок или всплывающих на поверхность жидкости, часто с образованием пены. Концентрация белков в таких растворах не превышает 1%.

Денатурация белков мяса птицы в приготовлении блюд сопровождается изменениями важнейших свойств белка. При этом происходит потеря индивидуальных свойств исходного сырья (изменение окраски мяса при его нагревании вследствие денатурации миоглобина); повышается атакуемость пищеварительными ферментами (готовые блюда из мяса птицы перевариваются полнее и легче); потеря способности к гидратации (растворению, набуханию); потеря устойчивости белковых глобул, которая сопровождается их агрегированием (свертыванием, или коагуляцией, белка).

При тепловой обработке блюд из мяса птицы изменения белков не ограничиваются их денатурацией. Для доведения продукта до полной готовности необходимо нагревать его при температурах более 100°C продолжительное время. При этих температурах белки подвергаются дальнейшим изменениям, связанным с разрушением их макромолекул. На первом этапе изменений от белковых молекул могут отщепляться функциональные группы с образованием таких летучих про-

дуктов, как аммиак, сероводород, фосфористый водород, углерода оксид. Накапливаясь в продукте и окружающей среде, эти вещества участвуют в образовании вкуса и аромата готовой пищи. При длительном гидротермическом воздействии часть белков может гидролизываться с расщеплением пептидных связей. При этом происходит деполимеризация белковой молекулы с образованием водорастворимых азотистых веществ небелкового характера (свободных аминокислот, пептидов) [3,4].

Деструкция коллагена мяса приводит к образованию глютина – белка, растворимого в горячей воде. Аминокислотный состав глютина аналогичен составу коллагена. Размягчение мяса птицы при тепловой кулинарной обработке связано с деструкцией коллагена соединительной ткани, переходом его в глютин.

На переход коллагена в глютин влияют следующие технологические факторы:

- температура среды при жарке мяса птицы, когда температура в толще продукта не превышает 80-85°C, переход коллагена в глютин протекает медленно; в связи с этим кулинарная обработка методом жарки возможна только для таких частей тушек, в которых коллагена содержится сравнительно мало и морфологическое строение соединительной ткани простое, коллагеновые волокна тонкие, располагаются параллельно направлению мышечных волокон;

- реакция среды; подкисление среды пищевыми кислотами или продуктами, добавками, содержащими эти кислоты, ускоряет переход коллагена в глютин;

- измельчение мяса способствует снижению гидротермической устойчивости коллагена; это объясняется тем, что при измельчении мяса в мясорубке или рыхлении порционных кусков мяса волокна коллагена разрезаются на более мелкие фрагменты, поверхность контакта белка с окружающей средой многократно возрастает.

При варке мяса птицы часть глютина переходит в бульон (0,5-1% массы мяса). При варке костных бульонов коллаген костей – оссеин – также денатурирует и переходит в глютин. Однако оссеин костей довольно устойчив к гидротермическому воздействию – для получения бульона с 3%-ной концентрацией глютина измельченные кости надо варить около 5 ч. Интенсифицировать этот процесс можно путем предварительной обжарки костей при 280°C в течение 30 минут. Однако органолептические показатели качества таких бульонов низкие [4].

На модельных опытах установлено, что из креатина, содержащегося в мясе птицы, в сочетании со свободными аминокислотами и гексозами образуются гетероциклические ароматические амины, представляющие собой самые сильные из известных на сегодняшний день мутагены и канцерогены.

Вследствии гетероциклические амины были выделены из мяса птицы, подвергнутой тепловой кулинарной обработке.

Механизм образования гетероциклических ароматических аминов в настоящее время представляется как результат взаимодействия продуктов карбонил-аминных реакций (Майяра) и креатинина (ангидрид креатина).

Наряду с производными пиридина в жареных мясных продуктах обнаружены гетероциклические ароматические амины – производные хинолина, хиноксалина, имидазопиридина и фуropyридина. В наибольших количествах указанные соединения обнаруживаются в поджаристой корочке жареных мясных изделий, а также в мясном соке, вытекающем на сковороде во время жарки птицы.

Таким образом, тепловая обработка при приготовлении блюд из мяса птицы позволяет получить изделия с различными органолептическими характеристиками, при этом повышается их усвояемость.

Список литературы

1. Абдрахманова Р.Н., Зайцева Т.Н. Стартовые культуры микроорганизмов и технологии производства мясопродуктов // Вестник Ижевской ГСХА. 2012. №1. С. 71-73.
2. Долматова И.А., Миллер Д.Э., Курочкина Т. И., Быстрова А.А. Сохранение пищевой ценности блюд из мяса птицы // Молодой ученый. 2015. №23. С. 133-137.
3. Зайцева Т.Н. Биохимические основы производства пищевых продуктов [Текст]: учеб. пособие / Т.Н. Зайцева, Н.И. Барышникова. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2010. 83 с.
4. Ратушный А.С., Хлебников В.И., Баранов Б.А. Технология продукции общественного питания [Текст]: учебник/ А.С. Ратушный, В.И. Хлебников, Б.А. Баранов. В 2-х т. 2-е изд. Т.1. Физико-химические процессы, протекающие в пищевых продуктах при кулинарной обработке. М.: Мир, 2007. 351 с.

УДК 656

С.В. Зотов, И.Ю. Мезин, Е.Г. Касаткина

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВС АВТОМОБИЛЕЙ

***Аннотация.** Актуальной задачей является анализ и внедрение усовершенствованных способов диагностики двигателей и его систем, в которых в той или иной степени устраняются данные недостатки. Были представлены некоторые усовершенствованные способы диагностики двигателей, разработана комплексная диагностика систем двигателей легковых агрегатов.*

***Ключевые слова:** средства технического диагностирования, анализ способов диагностирования, комплексная диагностика ДВС.*

Состояние отечественного автотранспортного комплекса характеризуется режимом ростом количества транспортных средств и недостаточным развитием систем их сервисного обслуживания.

На сегодняшний день существует множество способов и средств диагностирования автомобилей, но далеко не все из них являются безупречными с точки зрения технической эксплуатации, и многие имеет свои недостатки, такие как: значительная трудоёмкость, невысокая точность диагностирования, низкая универсальность, применение сложных и дорогих средств диагностирования. На основании представленной информации и формируется актуальность рассматриваемой проблемы. Она заключается в том, что в настоящее время стало очевидным, что существующая совокупность различных методов определения работоспособности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) не позволяет с требуемой

точностью и достоверностью устанавливать изменения технического состояния и правильность функционирования рабочих процессов [1].

Первым рассмотренным способом определения технического состояния деталей ЦПГ является измерение количества газов, прорывающихся в картер при работе двигателя, для которого применяются газовые счетчики [2].

Суть этого метода заключается в том, что при износе деталей ЦПГ или при других неисправностях нарушается герметичность надпоршневого пространства цилиндров двигателя.

Вторым способом определения состояния агрегатов ЦПГ и ГРМ по утечке газов при неработающем двигателе является их фиксация специальным прибором – пневмотестером. Эта диагностическая операция связана с пропуском воздуха, нагнетаемого в цилиндр двигателя при положении поршня верхней и нижней мертвых точках и закрытых клапанах.

Сравнение утечки воздуха, подаваемого под определенным давлением с установленными ранее параметрами, дает представление об износе поршневых колец и герметичности клапанов.

Цилиндр предварительно опрессовывают, устанавливая поршень в конец такта сжатия (в. м. т.) и подавая пневмотестером сжатый воздух в надпоршневое пространство. Герметичность цилиндропоршневой группы определяется по падению давления воздуха, подаваемого через дроссель в цилиндр двигателя.

Преимущество способа: проверяется каждый цилиндр одновременно.

Недостаток: проверка осуществляется при неработающем двигателе, а при этом искажается действительная картина работы этого механизма двигателя: зазоры не соответствуют фактическим, масляная пленка, служащая также уплотняющим материалом, выдувается.

Третьим способом является измерение компрессии компрессометром. Компрессия – основной показатель, характеризующий герметичность клапанов, целостность прокладки головки блока цилиндров (ГБЦ), техническое состояние деталей ЦПГ.

Четвёртым способом известным и повсеместно распространенным является способ определения технического состояния двигателя по измерению среднего давления масла в центральной масляной магистрали [3].

В итоге, на основании проведённого анализа существующих и перспективных способов диагностирования разрабатывается методика комплексного диагностирования двигателей.

На рисунке представлена схема предлагаемой методики комплексного диагностирования двигателей с искровым зажиганием.

Целью данной методики диагностирования ДВС является всесторонняя оценка состояния агрегатов двигателя и его систем, влияющих на показатели мощности, топливной экономичности и экологической безопасности эксплуатирующегося автомобильного транспорта.

Несмотря на значительный перечень и широкое распространение перечисленных методов диагностирования, существует необходимость в повышении эффективности средств и способов диагностирования, т.к. далеко не все из них являются безусловными с точки зрения технической эксплуатации. В связи с этим предлагаются новые усовершенствованные способы, которые были выявлены в ходе анализа литературного обзора.

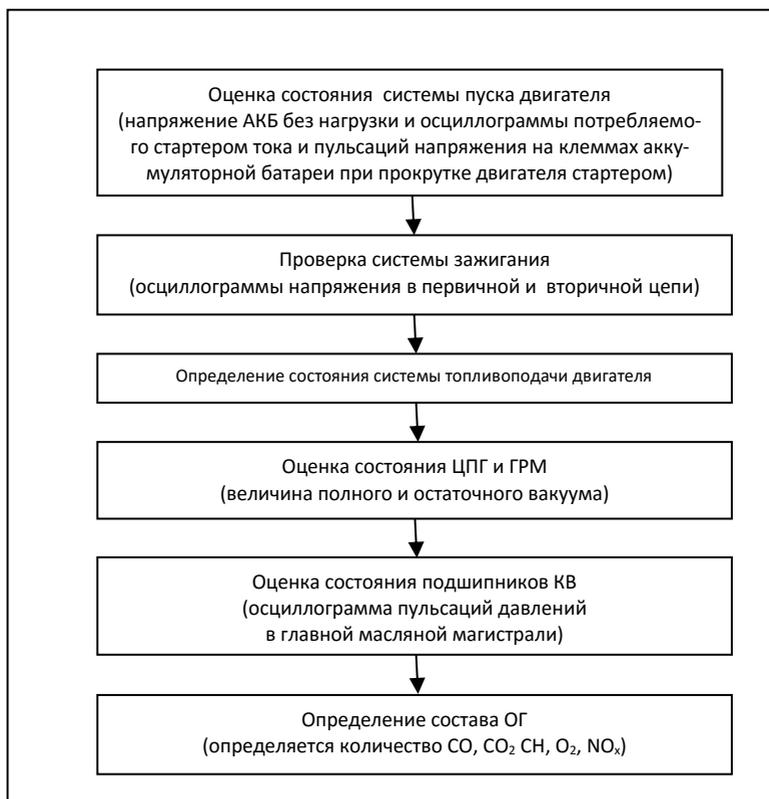


Схема методики комплексного диагностирования двигателей с искровым зажиганием

В итоге, на основании проведённого анализа разрабатывается методика комплексного диагностирования ДВС, в которую включаются способы с наилучшими значениями оценочных показателей (см. рисунок). Основной целью методики является всесторонняя оценка состояния агрегатов двигателя и его систем, влияющих на показатели мощности, топливной экономичности и экологической безопасности эксплуатирующегося автомобильного транспорта.

Список литературы

1. Карташевич А.Н. Диагностирование автомобилей. Практикум: учеб. пособие / под ред. А. Н. Карташевича. Минск: Новое издание; Инфра-М, 2011 208 с.
2. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов / Сарбаев В.И., Селиванов С.С., Коноплев В.Н., Демин Ю.Н. Ростов н/Д: «Феникс», 2004. 448 с.
3. Абаимов Р.В. Диагностирование автомобильного транспорта: сб. описаний лаборатор. работ для подготовки дипломированных специалистов по направ.

653300 «Эксплуатация транспорта и транспортного оборудования» спец. 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство», 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования» всех форм обучения. Сыктывкар, 2007. 60 с.

УДК 629.11.012

А.С. Лимарев, Е.Н. Татьяна, К.В. Жизнин

ОБЗОР КОРОБОК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрены требования к современным коробкам переключения передач. Описаны коробки передач, применяемые на современных автомобилях. Проведен оценка перспектив развития и использования автоматических коробок передач.

Ключевые слова: трансмиссия, коробка передач, автомобиль.

Трансмиссия является обязательным элементом любого автомобиля. Она предназначена для передачи крутящего момента от двигателя к колёсам, изменения тяговых усилий, скоростей и направления движения. Эффективность трансмиссии в значительной степени зависит от используемой коробки переключения передач. В последнее время автопроизводители активизировали работу по разработке новых типов коробки передач. Это в значительной степени обусловлено возросшими требованиями к современным трансмиссиям:

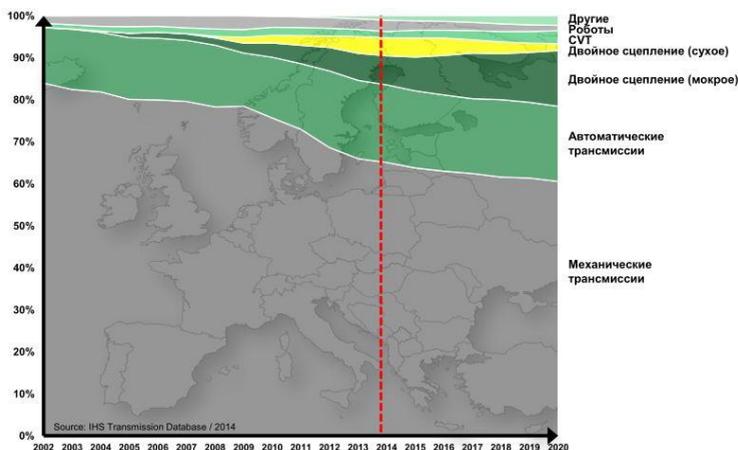
- 1) Низкая стоимость производства.
- 2) Обеспечение топливной экономичности, что способствует снижению выбросов при расходе топлива.
- 3) Совместимость с гибридными силовыми установками.
- 4) Минимальная масса и габариты.
- 5) Возможность передачи больших крутящих моментов.

В настоящее время на автомобилях используют коробки передач, которые в зависимости от вида преобразуемой энергии можно разделить на следующие:

- механическая;
- гидромеханическая;
- роботизированная;
- бесступенчатая (вариатор).

Наиболее распространенной на современных легковых автомобилях по-прежнему остается механическая коробка передач. Это обусловлено их простотой, доступностью и надежностью конструкции. Кроме того, такие коробки обеспечивают возможность динамичной и экономичной езды. Наряду с этим сейчас все больше водителей переходят на автомобили с другими типами трансмиссии, что обусловлено определенной сложностью и неудобством использования механической коробки передач.

На легковых автомобилях довольно большое распространение получили гидромеханические коробки с планетарными редукторами. Достоинствами таких коробок является компактность конструкции, низкая металлоемкость и шумность, а также достаточно большой срок службы. Имеющиеся недостатки гидромеханических коробок, такие как сложность конструкции, высокая стоимость, пониженный КПД создали условия для разработки новых конструкции коробок переключения передач.



Динамика спроса на коробки передач

Одной из наиболее современных разработок является роботизированная коробка передач. Она представляет собой механическую коробку передач, в которой функции выключения сцепления и переключения передач автоматизированы. В качестве достоинств данной коробки можно выделить следующие: достаточно высокая надежность, экономичность, меньшее потребление масла. В связи с тем, что скорость переключения передач робота несколько снижена, реакция коробки замедленная, а при переключении передач возможны рывки. Также использование такой коробки связано с определенными сложностями при движении по городу, в условиях пробок и при подъеме на горку, что приводит к необходимости переходу на ручной режим.

Для устранения недостатков роботизированной коробки передач была разработана коробка передач с двойным сцеплением. В этой коробке для четных и нечетных передач используется отдельное сцепление. По своей сути это две отдельные коробки передач, находящиеся в одном корпусе и работающие как единое целое. Такой подход позволяет увеличить скорость переключения передач, что обеспечивает автомобилю динамичное ускорение, а также приводит к снижению потребления топлива. При необходимости водитель может самостоятельно контролировать переключение передач или перейти на автоматический режим. Сложность конструкции приводит к значительному увеличению стоимости автомобиля.

Вариаторная трансмиссия отличается тем, что умеет плавно изменять крутящий момент. Это бесступенчатая коробка передач, в которой у передач отсут-

ствуует фиксированное передаточное число. Среди главных преимуществ вариатора можно выделить плавность хода, низкий шум, а также топливная экономичность. К недостаткам можно отнести необходимость частой замены масла и фильтров, низкий ресурс, дорогостоящий ремонт и обслуживание.

Таким образом, на основании представленного материала можно сделать следующие выводы:

- механическая коробка переключения передач в настоящее время обладает очень высоким КПД, но она не очень удобна в условиях интенсивного дорожного движения в больших городах. Это приводит к постепенному переходу на другие типы коробок;
- переход на гидромеханические автоматические коробки передач является малоперспективным, поскольку такие коробки снижает эффективность трансмиссии автомобиля;
- производители автомобилей продолжают разрабатывать новые коробки передач, совмещающие достоинства автоматической и механической коробок передач. Результатом этого стало появление роботизированных коробок передач.

Список литературы

1. Лимарев А.С., Ярыгина О.С., Глушков И.Н. Управление качеством производства и эксплуатации автотракторной техники // Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК: сборник материалов международной научно-практической конференции. 2015. С. 294-299.
2. Оценка целесообразности применения электродвигателей на автомобилях в современных условиях / Лимарев А.С., Коваленко А.О., Очкова Е.А., Акманова З.С. // Труды НАМИ. 2015. № 263. С. 132-139.
3. Ростовщиков В.Ю., Лимарев А.С. Информационные технологии в автомобильной промышленности // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 70-й международной научно-технической конференции / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. Т.1. С. 249-251.

УДК 621.882

Е.В. Иващенко, А.С. Лимарев, И.А. Михайловский

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТОВ

Аннотация. Наиболее важным показателем качества высокопрочных болтов является качество резьбы. Выполнение данного параметра в соответствии с запросами потребителей требует соответствующего осуществления технологического процесса. В данной статье рассмотрен комплекс мероприятий направленный на улучшение качества технологического процесса с целью снижения количества забоин на резьбе высокопрочных болтов.

Ключевые слова: резьбовые дефекты, забоина, высокопрочный болт, механическая прорезиненная лента.

Высокопрочные крепеж используется в специфических отраслях производства, там, где тяжелые эксплуатационные условия не позволяют применять иные виды болтов, такие как газотранспортные системы, строительство спортивных сооружений, строительство железных дорог, аэропортов и др. [1]. По действующей международной классификации к высокопрочным болтам относятся изделия, временное сопротивление которых больше или равно 800 МПа. Исходя из этого параметра, классы прочности для высокопрочных болтов начинаются с класса 8.8, 9.8, 10.9, 12.9 [2]. Основными производителями высокопрочного крепежа в России являются ПАО «Мостотрест», ЗАО «Курганстальмост», АО «ЧЗМК», ООО «ВоронежПромМетиз», ООО «СибПромМетиз», ОАО «ММК-Метиз».

Высокопрочные болты используются при строительстве объектов с повышенными требованиями к безопасности, поэтому потребители предъявляют высокие требования к их качеству. Качество продукции формируется на всех этапах технологического процесса [3-5]. В условия ОАО «ММК-МЕТИЗ» процесса производства высокопрочных болтов включает следующие операции: отжиг горячекатаного металла; подготовка поверхности металла; волочение отожженного металла; посадка высокопрочных болтов и накатка резьбы; термообработка высокопрочных болтов; упаковка, предусматривающая консервацию болтов, маркировка продукции.

В ходе работы был проведен анализ возникновения дефектов резьбы, возникающих при изготовлении болтов с использованием диаграммы Парето (рис. 1). Резьба является важным параметром необходимым для сборки болтокомплекта, так как она обеспечивает надежное соединение болта и гайки для сборки конструкций. Забоины возникают за счет ударе резьбы о твердые поверхности кубелей (грузозахватное устройство для перемещения сыпучих грузов) или бития болтов друг об друга (рис. 2). В результате нарушения технологического процесса и контроля некачественные болты поступают потребителю, что влечет за собой рекламации заводу изготовителю.

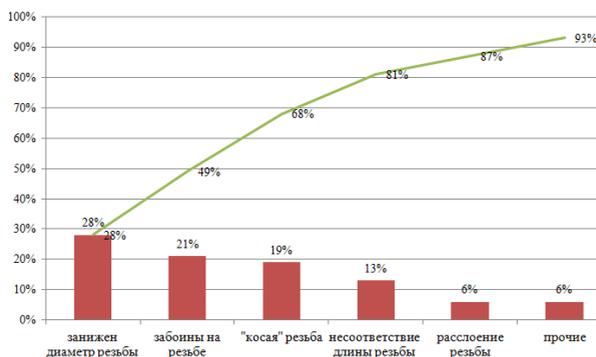


Рис. 1. Анализ дефектных высокопрочных болтов производства ОАО «ММК-МЕТИЗ» на резьбовой части

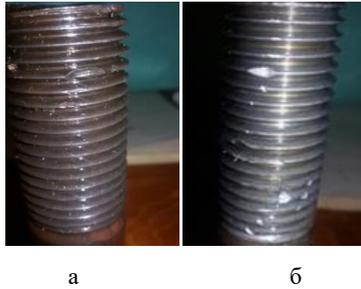


Рис. 2. Виды забоин на резьбе высокопрочных болтов
а – статическое воздействие на резьбу; *б* – динамическое воздействие на резьбу

При разработке мероприятий по уменьшению забоин следует учитывать, что на этапах термической обработки и штамповки возможно частичное устранение болтов с забоинами путем сортировки высокопрочных болтов. В то же время на этапе упаковки изделий в ящики готовой продукции, сортировка невозможна. Так же, следует учитывать, что устранение забоин на участке штамповки и термообработки продукции достаточно затратные. Поскольку для замены оборудования нужно останавливать производство, что влечет дополнительные затраты.

Невозможность сортировки болтов на этапе упаковки готовой продукции заключается в том, что кубель поступивший из термического отделения, краном поднимается до высоты приблизительно 2,5 метра и готовые изделия высыпаются в металлический бункер, где и происходит биение резьбы об стенки бункера, и болтов друг об друга. Далее болты сыпаются на металлические весы и упаковываются в ящики по 60 кг.

Поскольку контроль этапа упаковки осуществить в условиях имеющегося производства не представляется возможным, то требуется совершенствование технологического процесса снижающего вероятность возникновения забоин. С этой целью предлагается провести модернизацию межоперационного транспортер изделий, путем замены его на механическую прорезиненную ленту [5]. Для уменьшения биения болтов друг о друга целесообразно установить ленточный транспортер ТЛП-2. Такой транспортер не только механизмирует передвижение объектов и дает возможность сортировки некачественных болтов, но и равномерным своим перемещением обуславливает ритмичность и непрерывность процесса.

В предлагаемом варианте кубель при помощи грузового крана перемещается на механическую прорезиненную ленту и переворачивается под углом 90° с высоты не более 1 метра на ленту. В результате этого поступающие на ленту болты соударяются между собой и о твердые поверхности с меньшим усилием. Это приводит к снижению вероятности образования забоин. Далее болты двигаются по ленте до механических весов.

Использование данного ленточного транспортера предполагает значительное снижение забоин на резьбе высокопрочных болтов на 9% в год, вследствие этого ожидается повышение качества высокопрочных болтов поступающих потребителю.

Список литературы

1. Основные направления развития производства высокопрочного крепежа / Филиппов А. А., Пачурин Г. В. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014.
2. Получение качественного калиброванного проката для высадки высокопрочных болтов / Филиппов А. А., Пачурин В. Г., Пачурин Г. В. // Современные наукоемкие технологии. 2015.
3. Управление качеством продукции на основе инновационной стратегии предприятия / Моллер А.Б., Лимарев А.С., Каледина О.С. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2015. Т. 1. № 4 (61). С. 45-50.
4. Применение математического моделирования для управления качеством продукции на металлургических предприятиях / Лимарев А.С., Ярыгина О.С. // В сборнике: Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 188-192.
5. Совершенствование сортопрокатных технологических систем через развитие элементов менеджмента качества // Моллер А.Б., Левандовский С.А., Ручинская Н.А., Лимарев А.С., Симаков Ю.В., Логинов А.В., Назаров Д.В., Колясов Д.В. // Труды восьмого конгресса прокатчиков. 2010. С. 224-229

УДК 662.749:519.85

А.Н. Смирнов, Д.И. Алексеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕЗАВИСИМЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОКСА M_{25} И M_{10} С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ПОСТРОЕННЫХ В ХОДЕ АКТИВНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

***Аннотация.** В статье проанализированы существующие математические модели и показано отсутствие взаимосвязи между показателями качества кокса M_{25} и M_{10} и независимыми параметрами – температурой в отопительных каналах и периодом коксования.*

***Ключевые слова:** прогнозирование показателей качества кокса M_{25} и M_{10} ; математическая модель; коксовая батарея; температура в отопительных каналах; период коксования.*

В настоящее время имеется большое количество разнообразных математических моделей для прогнозирования показателей качества кокса M_{25} и M_{10} , основные из которых освещены и классифицированы в работе [1]. Наиболее значимыми с практической и теоретической точки зрения являются математические модели, полученные на основе активного эксперимента.

Основным недостатком построения моделей такого типа является сложность и большие финансовые затраты в постановке экспериментов, особенно в промышленных и полупромышленных масштабах [2]. В связи с этим актуальным

становится проблема детального анализ и проверки на адекватность уже имеющихся моделей, построенных на основе активного эксперимента [3, 4], тем более, что в оригинальных работах рассматриваются только некоторые, интересующие авторов взаимосвязи между независимыми и зависимыми параметрами, тогда как «объём» заложенной информации в моделях на основе активного эксперимента и данных, на которых они построены, больше.

Модель [3] получена по данным полупромышленных коксований на Криво-рожском коксохимическом производстве в коксовых батареях системы ПК-2К с объёмом камеры 21,6 м³ при неизменном марочном составе шихты. После обработки данных экспериментов были получены следующие зависимости для M₂₅ и M₁₀ (ГОСТ 5953-72) [3]:

$$M_{25} = 87,35 - 0,78 * X_1 + 0,18 * X_2 + 0,22 * X_1^2 - 0,28 * X_2^2 \quad (1)$$

$$M_{10} = 7,07 - 0,43 * X_1 - 0,60 * X_2 - 0,15 * X_1 * X_2 - 0,10 * X_1^2 - 0,20 * X_2^2 \quad (2)$$

$$X_1 = \frac{t-1337,5}{35}; X_2 = \frac{\tau-14,25}{0,667}; X_1, X_2 \in [-1; 1] \quad (3)$$

где t – температура в контрольных отопительных вертикалах, °С;

τ – период коксования, ч.

Уравнение (1) модели для прогнозирования M₂₅ является гиперболой, а уравнение (2) для M₁₀ – эллипсом [5]. Для того чтобы проанализировать уравнения (1) и (2), которые являются многочленами второй степени, приведём их к каноническому виду соответствующих кривых второго порядка [5]:

$$M_{25} = 0,22 * t_{M_{25}}'^2 - 0,28 * \tau_{M_{25}}'^2 + 86,69 \quad (4)$$

$$t_{M_{25}}' = X_1 - 1,77; \tau_{M_{25}}' = X_2 - 0,32 \quad (5)$$

$$M_{10} = -0,06 * t_{M_{10}}'^2 - 0,24 * \tau_{M_{10}}'^2 + 7,67 \quad (6)$$

$$t_{M_{10}}' = (X_1 + 1,43) * \cos(-28^\circ) - (X_2 + 0,96) * \sin(-28^\circ) \quad (7)$$

$$\tau_{M_{10}}' = (X_1 + 0,96) * \sin(-28^\circ) + (X_2 + 1,43) * \cos(-28^\circ) \quad (8)$$

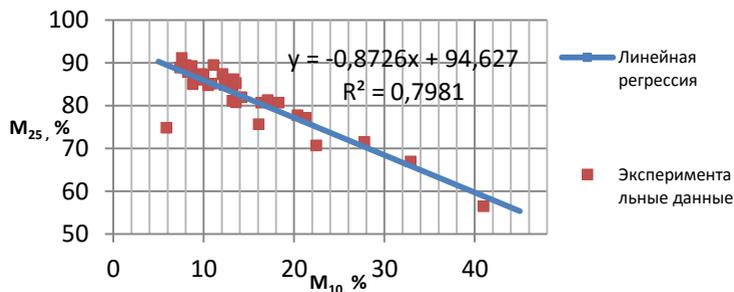
где $t_{M_{25}}'$, $\tau_{M_{25}}'$ – новые закодированные координаты температуры в контрольных отопительных вертикалах X_1 и периода коксования X_2 для модели прогнозирования M₂₅;

$t_{M_{10}}'$, $\tau_{M_{10}}'$ – новые закодированные координаты температуры в контрольных отопительных вертикалах X_1 и периода коксования X_2 для модели прогнозирования M₁₀.

Из уравнений (4) и (6), с учётом изменения новых координат $t_{M_{25}}'$, $\tau_{M_{25}}'$ в зависимости от закодированных X_1 , X_2 и исходных t и τ можно сделать вывод, что с увеличением температуры в вертикалах t при неизменном периоде коксования τ значения показателей M₂₅ и M₁₀ одновременно снижаются.

Однако такой ситуации не может быть, что связано с методикой определения M₂₅ и M₁₀ по ГОСТ 5953 и выводами, которые можно сделать на основе данных по модели из работы [4]. Модель [4] была получена в ходе коксований по плану активно-

го эксперимента типа 2⁵ в лабораторной двухкамерной печи УХИНа на угольном сырье Баглейского коксохимического завода. В таблице 3 в работе [4] приводятся средние опытные значения показателей M₂₅ и M₁₀, полученные в ходе активного эксперимента при варьировании как параметров шихты, так и режимов коксования, по данным которых построена зависимость, представленная на рисунке.



Зависимость показателя M₂₅ от M₁₀ по данным работы [4]

Из рисунка видно, что при увеличении M₁₀ параметр M₂₅ снижается; исключена возможность снижения одновременно обоих параметров M₂₅ и M₁₀. Таким образом, по нашему мнению, модель из работы [3], представленная уравнениями (1) и (2) некорректна, а её использование в теоретических и практических целях может привести к неточностям.

Проанализируем влияние t и τ на показатели качества кокса M₂₅ и M₁₀, исходя из математических моделей, приведённых в работе [4]. Так как модели в работе [4] были получены на основе полного факторного плана, то есть оценки весов в уравнении модели ортогональны между собой, выпишем в таблицу значения оценок весов только для свободных независимых факторов t и τ , пренебрегая межфакторным взаимодействием с их участием, для того чтобы оценить вклад каждого из независимых факторов в математическую модель.

Оценка весов независимых параметров в математической модели

Название фактора	Оценка весов в математической модели		Доля вклада фактора в прогнозируемое значение, %	
	M ₂₅	M ₁₀	M ₂₅	M ₁₀
Скорость нагрева	не значим	1,988	-	17,25
Конечная температура коксования	0,838	не значим	8,83	-

Из таблицы видно, что скорость нагрева для M₂₅ и конечная температура коксования для M₁₀ являются не значимыми факторами. Однако ввиду связи параметров M₂₅ и M₁₀, как следует из рисунка, для каждого из них должно быть одинаковое количество независимых параметров. Иначе возможна такая ситуа-

ция, при которой будет изменяться только один из параметров M_{25} или M_{10} , а другой останется неизменным, чего быть не может.

Исходя из анализа рассмотренных моделей [3, 4], можно отметить, что использование в математических моделях для прогнозирования показателей качества кокса M_{25} и M_{10} таких параметров как температура в контрольных отопительных вертикалах, период коксования (оба параметра связаны со скоростью нагрева и конечной температурой коксования) нецелесообразно.

Список литературы

- 1 Смирнов А.Н., Петухов В.Н., Алексеев Д.И. Анализ принципов построения математических моделей для прогнозирования показателей качества кокса M_{25} и M_{10} с целью классификации и разработки концепции «гибридной модели» // Кокс и химия. 2015. № 5. С. 13 – 18.
- 2 Смирнов А.Н., Артюшечкин Д.А., Логинов А.П. Прогноз качества кокса по показателям CRI, CSR // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. В.М. Колокольцева. Вып. 9. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2009. С. 185–191.
- 3 Исследование зависимости физико-механических свойств и выхода кокса от режима коксования / Михно В.П., Скляр М.Г., Лурье М.В. Торяник Э.И., Щёголев С.В., Соловьёв Г.Д. // Кокс и химия. 1975. № 2. С. 8–12.
- 4 Влияние технологических факторов коксования на показатели прочности кокса / Максименко И.И., Нагорный Ю.С., Глушенко И.М., Иванченко В.А. // Кокс и химия. № 8. С. 12–14.
- 5 Аналитическая геометрия и линейная алгебра: учеб. пособие / А.Е. Умнов. – 3-е изд., испр. и доп. М.: МФТИ, 2011. 544 с.

УДК [622.341.15+622.7] : 66.097

**А.Н. Смирнов, С.П. Ключковский, С.А. Крылова, Р.Н. Абдрахманов,
В.И. Сысоев, Д.А. Строгонов**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫХ СИДЕРИТОВ В РЕАКЦИЯХ КОНВЕРСИИ ЭТАНОЛА

Аннотация. В статье приведены результаты исследования каталитических свойств продукта, полученного в результате переработки высокомагнезимального сидерита по специальной технологии. Установлено, что обожженный в «мягких условиях» и активированный сидероплезит проявляет каталитическую активность в реакции конверсии этанола. Основными продуктами конверсии являются: в газовой фазе – водород, в жидкой фазе – ацетон.

Ключевые слова: комплексная переработка сидеритов, обожженный сидероплезит, катализатор, каталитическая активность, конверсия этанола.

На кафедре физической химии и химической технологии МГТУ им. Г.И. Нова в рамках работ по комплексной переработке сидеритов (Бакальское рудное поле, Челябинская обл.) [1-10], поставлена задача установления возможности получения катализаторов на основе продуктов переработки природного высокомагнезиального сидерита.

Известны катализаторы, содержащие в качестве активного компонента железные руды, например, в процессах окисления диоксида серы; переработки углеродсодержащего сырья для получения жидких и газообразных продуктов и т.д. Одним из основных преимуществ таких катализаторов является невысокая стоимость их производства, что особенно важно для крупнотоннажных производств. Поэтому исследования по применению для производства катализаторов легкодоступных железных руд и использованию продуктов их переработки в качестве катализаторов являются перспективными.

Для исследования каталитической функции обожженного и активированного сидероплезита на первом этапе были выбраны реакции конверсии этанола. В зависимости от типа используемого катализатора разложение этанола может протекать по разным маршрутам с получением разнообразных продуктов, таких как этилен, ацетальдегид, этилацетат, ацетон и другие.

Методика эксперимента

Эксперименты по каталитическому разложению этанола проводили в реакторе проточного типа в паро-газовой фазе при температуре 450 °С.

В опытах использовали абсолютированный этанол плотностью 0,79 г/мл (99,5%), катализатором служил обожженный в «мягких условиях» и активированный сидероплезит фракции -0,1 мм. Сравнение каталитических свойств исследуемого образца проводилось с оксидом магния, полученным обжигом магнезита марки КМ Раздолинского месторождения Красноярского края, и магнетитовым концентратом Соколовско-Сарбайского горно-обогадательного производственно-го объединения. Состав всех используемых в качестве катализаторов материалов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав продуктов переработки руд, используемых в качестве катализаторов

Продукт	Содержание компонентов, %								
	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MnO	P	S	TiO ₂	MgO
Обожженный сидероплезит	52,8	2,02	0,68	1,66	1,92	0,002	0,07	0,08	17,5
Оксид магния из магнезита марки КМ	0,04	0,62	0,17	0,86	-	-	-	-	98,3
Магнетитовый концентрат ССГПО	65,5	4,24	1,56	0,92	-	0,012	0,22	0,3	0,98

Анализ газообразных и жидких продуктов превращения осуществляли при помощи газохроматографического комплекса «Хроматэк Кристалл 5000».

Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Условия проведения реакций и состав продуктов

№ опыта	Катализатор	m (кг), г	V, мл/ч	Фракция, мм	Содержание продуктов, % (об.)							
					Газовая фаза					Жидкая фаза		
					H ₂	CO ₂	CO	C ₂ H ₄	CН ₄	Этанол	Ацетон	Ацетальдегид
1	Обоженный сидероплезит	10	60	-0,1	74,3	4,9	1	3,9	1,3	87,8	1,4	5,4
2	Обоженный магнетит марки КМ	20	60	0,5-2	58,9	4,5	1,9	26,1	1,3	88,8	0,14	2,3
3	Магнетитовый концентрат ССГПО	10	60	-0,1	61,4	1,3	4	7,6	1,6	94	0,25	5
4	Обоженный сидероплезит	10	20	-0,1	76,7	9,7	1,6	2,7	1,1	85,9	7,8	6,3
5	Обоженный сидероплезит	40	60	0,5-2	73,2	18,5	1,4	0,9	0,2	64,5	17,8	1,5

По результатам опытов 1-3 можно сделать вывод, что только на обоженном по специальной технологии [4] сидероплезите возможно получение повышенных количеств ацетона (1,4%) в жидкой фазе. С целью увеличения выхода этого продукта далее была увеличена продолжительность контакта реагента с катализатором (опыт 4) и масса катализатора (опыт 5). Это позволило увеличить содержание ацетона в жидкой фазе до 7,8% и 17,8% соответственно. Основным продуктом в газовой фазе является водород, содержание которого в опытах 1,4 и 5 составило примерно 70-77%.

Выводы

1) В исследовании впервые изучены каталитические свойства обоженного в «мягких условиях» сидероплезита;

2) Установлено, что обоженный в «мягких условиях» и активированный сидероплезит проявляет значительную каталитическую активность в реакции конверсии этанола. В газовой фазе продуктов реакции доминирует водород (70-77%), в жидкой фазе отмечено присутствие существенных количеств ацетона (до 18%). Поэтому представляют интерес дальнейшие исследования реакций паровой конверсии этанола и синтеза ацетона.

Список литературы

1. Комплексный подход к переработке сидеритовых руд Бакальского месторождения / Ключковский С.П., Савченко И.А., Смирнов А.Н., Сысов В.И. // Наука и производство Урала. №10. 2014.
2. Физико-химические основы комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритовых руд Бакальского месторождения / С.П. Ключковский, А.Н. Смирнов, И.А. Савченко, Р.Н. Абдрахманов, В.И. Сысов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 16. №4(3). 2014.

3. Клочковский С.П., Смирнов А.Н., Савченко И.А. Разработка физико-химических основ комплексного использования высокомагнезиальных сидеритов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2015. № 1 (49). С. 26-31.
4. Патент РФ №2011131710, 28.07.2011. Смирнов А.Н., Клочковский С.П., Бигеев В.А., Колокольцев В.М., Бессмертных А.С. Способ переработки сидеритовых руд//Патент России №2471564.-2013.
5. Активация обожженных в мягких условиях высокомагнезиальных сидеритов. Хроматографические и рентгеноструктурные исследования / Абдрахманов Р.Н., Клочковский С.П., Савченко И.А., Смирнов А.Н. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2014. Т.1. № 1. С. 267-270.
6. Способы демагнизации сидероплезитов с повышенным содержанием соединений магния / Костина З.И., Крылова С.А., Понурко И.В., Костин В.Ф. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Материалы 71-й межрег. науч.-техн. конф. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. Т.1. С.132-135.
7. Исследование возможности демагнизации сидероплезитовых руд в лабораторных условиях / Костина З.И., Крылова С.А., Понурко И.В., Костин В.Ф. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Материалы 68-й межрегиональной научно-технической конференции. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. Т. 1. С. 115-118.
8. Патент РФ №2011128481, 08.07.2011. Костина З.И., Смирнов А.Н., Костин В.Ф., Крылова С.А., Понурко И.В. Способ комплексной переработки железной руды с повышенным содержанием соединений магния // Патент России №2468095. БИПМ.-2012-№33.
9. Демагнизация сидероплезитовой руды с получением сульфата магния / Крылова С.А., Костина З.И., Понурко И.В., Шабалин Е.И. // Химическая технология. 2015. Т. 16. № 3. С. 163-167.
10. В. И. Сысоев, А.Н. Смирнов. Физико-химические основы экологически безопасной технологии комплексной переработки высокомагнезиальных сидеритов // Материалы XIX Международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий». 2014.

УДК 628.16

И.В. Понурко, З.И. Костина, С.А. Крылова, А.И. Хилалов, А.М. Рахмангулова

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФОСФАТНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ

Аннотация. В работе приведены результаты исследования свойств модифицированной фосфатной композиции (ФК-Н). Показано положительное влияние ФК-Н на качество воды и водных растворов.

Ключевые слова: обработка воды, модифицированная фосфатная композиция, растворимость фосфатной композиции, бактерицидные свойства, перманганатная окисляемость, эвтрофицированные водные растворы.

В работах [1-8] авторами доказана эффективность обработки воды фосфатной композицией (ФК) запатентованного состава [9].

В настоящей работе исследована ФК с модифицирующей добавкой «N» (далее ФК-N).

В лабораторных условиях изготовили образцы ФК-N и исследовали следующие характеристики:

- растворимость ФК-N в воде;
- бактерицидные свойства ФК-N в водных растворах пищевых продуктов;
- перманганатная окисляемость эвтрофицированных водных растворов.

Для определения растворимости (S, %/сутки) образцы ФК-N помещали в дистиллированную воду. Через каждые семь суток образцы взвешивали (m, г) и один образец помещали в новую порцию дистиллированной воды, а второй – оставляли в исходном растворе. Общая длительность эксперимента составила 49 суток. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Растворимость образцов ФК- N

Сутки	Со сменой воды			Без смены воды		
	m, г	Δm , г	S, %/сутки	m, г	Δm , г	S, %/сутки
0	6,25920	-	-	5,46750	-	-
7	6,04645	0,19660	0,22494	5,38455	0,08295	0,21674
14	5,85135	0,19510	0,15365	5,30645	0,07810	0,10360
21	5,69010	0,16125	0,09842	5,25270	0,05375	0,04823
28	5,50770	0,18240	0,09159	5,19245	0,06025	0,04097
35	5,39235	0,11535	0,04987	5,16215	0,03030	0,01667
42	5,26770	0,12535	0,04744	5,12070	0,04145	0,01912
49	5, 14770	0,12000	0,03912	5,06900	0,05170	0,02060

Из результатов, представленных в таблице, сделали вывод:

- растворимость исходных образцов ФК-N со сменой и без смены воды через семь суток одинакова;
- при последующей смене воды (на 14–49 сутки) растворимость образцов ФК-N несколько больше, чем образцов без смены воды;
- при выдержке образцов ФК-N в растворе воды без смены достигается состояние насыщения (на 21 сутки), и далее растворимость практически не изменяется.

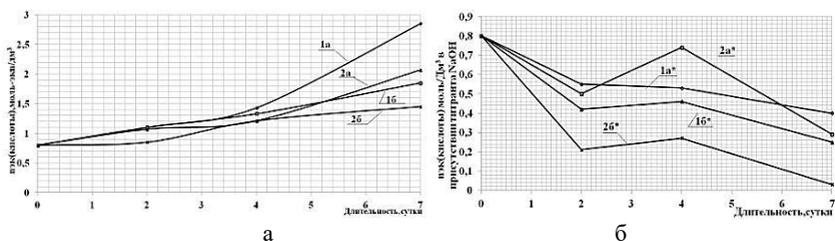
Растворимость ФК-N можно регулировать в зависимости от качества и расхода воды (доказана саморегулируемость растворимости ФК-N).

Определение бактерицидных свойств ФК-N провели на молоке, т.к. молоко является хорошей питательной средой для молочнокислых бактерий, в которой накапливаются кислореагирующие вещества и повышается титруемая кислотность. Однако, из-за быстрого «створаживания» молока далее исследование кислотности проводилось в растворах фруктового сока по переработанной стандартизированной методике ГОСТ 3624-92 [10].

Раствор сырого сока (без консервантов и сахара) разделили на две партии (по два образца в каждой). В один из образцов каждой партии добавляли водный раствор ФК-N с концентрацией 10 мг/дм³. Образцы второй партии подвергали термообработке (нагрев до температуры 100°С без дальнейшего кипячения).

Из каждого образца отбирали аликвоты для титрования 0,1N раствором NaOH до значения pH=7. Первые аликвоты сока после титрования оставляли для дальнейшего испытания с целью выявления последующего изменения кислотности сока. Эти пробы «дотитровывали» новыми порциями щелочи до значения pH=7. Дальнейшие испытания исходных и нейтрализованных щелочью образцов проводили при комнатной температуре в течение семи суток. Образцы сока обозначили: 1 – без обработки ФК-N; 2 – с обработкой ФК-N; 1а, 2а – без термообработки; 1б, 2б – с термообработкой; 1а*, 1б*, 2а*, 2б* – с «дотитровыванием».

По результатам титрования рассчитали количество кислоты в растворе сока $n_{эк}$ (кислоты). Динамика изменения кислотности сока приведена на рисунке.



Динамика изменения кислотности сока:

а – без дополнительного «дотитровывания»; б – с «дотитровыванием»

Из рисунка видно, что:

- кислотность термообработанного сока при хранении меньше по сравнению с соком без термообработки;
- кислотность сока, как без термообработки, так и термообработанного, с добавлением ФК-N, при хранении меньше по сравнению с соком без композиции;
- после нейтрализации кислых растворов образцов до значения pH=7 кислотность термообработанного сока с добавлением ФК-N стабилизируется в течение семи суток.

Для оценки влияния ФК-N на эвтрофикацию исследовали пробы воды: без обработки; с обработкой ФК и ФК-N. Через 30 суток растворы фильтровали и определяли перманганатную окисляемость по стандартизированной методике ГОСТ Р 55684-2013 [10], мг O₂/дм³: эвтрофицированная вода – 1,933; эвтрофицированная вода, обработанная ФК – 1,157; эвтрофицированная вода, обработанная ФК-N – 1,157.

По результатам эксперимента сделали вывод, что перманганатная окисляемость эвтрофицированной воды с ФК и ФК-N в 1,7 раз ниже, чем эвтрофицированной воды без обработки.

Общие выводы по работе:

1. Доказана саморегулируемость растворимости ФК-N в воде.
2. Модифицированная ФК-N обладает бактерицидными свойствами.

3. Процесс эвтрофикации воды замедляется в присутствии ФК-N по сравнению с необработанной водой.

В дальнейшем авторы предлагают запатентовать модифицированную ФК-N и продолжить исследование ее новых свойств.

Список литературы

1. Антинакипные свойства композиции «Астра» / З.И. Костина, С.А. Крылова, И.В. Понурко // Теория и технология металлургического производства. №2 (15) 2014. С. 112-115.
2. Исследование возможности применения ингибитора «Ф» для защиты от коррозии и солеотложений оборудования нефтепродуктообеспечения / И.В. Понурко, З.И. Костина, С.А. Крылова, И.Б. Лебедев, А.С. Макунин // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. № 1. 2011. С. 112-114.
3. О состоянии внедрения проекта ООО «КомПас-МГТУ» / З.И. Костина, С.А.Крылова, И.В.Понурко // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Т.1. № 70. 2012. С. 147.
4. Защита металлических поверхностей водоохлаждающих систем от коррозии и солеотложений / З.И. Костина, С.А.Крылова, И.В.Понурко // Теория и технология металлургического производства. 2014. №1 (14). С. 90-92.
5. Защита водонагревательных элементов бытовых приборов от коррозии и солеотложений / З.И. Костина, С.А.Крылова, И.В.Понурко // Энергосбережение и водоподготовка. № 4 (90). 2014. С. 28-32.
6. Улучшение качества фосфатной композиции для обработки пожарно-питьевой воды / И.В. Понурко, З.И. Костина, С.А. Крылова, Е.И. Шабалин // Качество в обработке материалов. №2. 2015. С. 59-63.
7. Получение и свойства стекловидной метафосфатной композиции для защиты элементов водонагревательных систем от коррозии / З.И. Костина, С.А. Крылова, И.В. Понурко // Стекло и керамика. № 2. 2016. С. 39-42.
8. Production and Properties of Glassy Metaphosphate Composition for Protecting the Elements of Water-Heating Systems from Corrosion /Z. I. Kostina, S. A. Krylova, I. V. Ponurko //Glass and Ceramics, Issue 1, May 2016, Volume 73, pp 71-74
9. Костина З.И., Крылова С.А., Костин В.Ф., Понурко И.В. Композиция для защиты систем водоснабжения и водоотведения. Патент РФ № 2535891. Бюл. № 35. 2014.
10. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.
11. ГОСТ Р 55684-2013. Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости.

Е.С. Махоткина, М.В. Шубина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ШЛАКОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Рассмотрена возможность извлечения ванадия по содовой технологии из ванадиевого шлака Нижнетагильского металлургического комбината (ОАО «НТМК») и шлака процесса ITmk3. Исследовано влияние температуры обжига, добавки окислителей, количества щелочных добавок, температуры и длительности выщелачивания на степень извлечения ванадия из шлаков разного химического состава. Анализ экспериментальных образцов на содержание ванадия проводился способом рентгенофлуоресцентной спектроскопии на энергодисперсионном спектрометре «ARL QUANT X».

Ключевые слова: ванадиевый шлак, шлак процесса ITmk3, окислительный обжиг, выщелачивание, щелочные добавки, степень извлечения ванадия, рентгенофлуоресцентная спектроскопия.

В современной промышленности ванадий широко используется в качестве легирующего элемента в черной металлургии, в сплавах с цветными металлами, применяемыми в атомной энергетике, авиа- и космической промышленности, а также для изготовления катализаторов и различного рода химикатов. При этом во многих странах мира, и особенно в России, объём добычи и производства этого металла не покрывают необходимой потребности [1–3].

Указанные факторы способствуют развитию и совершенствованию технологий получения пентаоксида ванадия V_2O_5 из ванадийсодержащего сырья (для получения феррованадия и лигатур). В России основными источниками производства ванадия являются металлургические шлаки, полученные от переработки уральских титаномагнетитов на Нижнетагильском металлургическом комбинате (ОАО «НТМК») и Чусовском металлургическом заводе (ОАО «ЧМЗ»).

В связи с этим, на кафедре ФХиХТ ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова» проведено исследование, целью которого являлось извлечение ванадия из шлаков ОАО «НТМК» по содовой технологии и проведение сравнительного анализа возможности извлечения ванадия из разных шлаков металлургического производства.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение общих закономерностей обжига ванадиевых шлаков с переводом ванадия в растворимые ванадаты;
- изучение влияния различных факторов (состава шлака, состава шихты и т.д.) на степень извлечения ванадия;
- определение параметров окислительного обжига шлаков, обеспечивающих высокую степень селективного извлечения ванадия при выщелачивании.

Предыдущие исследования по извлечению ванадия по содовой технологии проводились со шлаками процесса прямого получения металла из титаномагнетитового сырья по технологии ITmk3 с низким содержанием V_2O_5 0,8–1,2 % [4–6]. Шлак ОАО «НТМК» отличался более высоким содержанием этого компонента – не менее 18,0 % V_2O_5 . Для проведения окислительного обжига использо-

вали образцы с шихтой, содержащей по 5 г шлака и разным количеством щелочной добавки: 5,0 г; 2,5 г и 1,5 г. Часть образцов дополнительно содержали пиролюзит (MnO_2) в качестве окислителя. Все образцы обжигали при температуре 900 °С в течение 1,5 часов [7, 8]. Скорость нагрева до температуры обжига составляла 10 град/мин для обеспечения минимального содержания примесей хрома, титана и т.д.

Перед выщелачиванием обожженную шихту измельчали в сухом состоянии и усредняли. Выщелачивание этой шихты проводили при температуре 65 - 70 °С с использованием воды в течение 2 и 3 часов (на 1 г шихты – 10 мл воды). Выбор соотношения Т : Ж обусловлен необходимостью создания достаточного количества жидкой фазы при перемешивании. После выщелачивания растворы отфильтровывали и промывали водой остатки на фильтре.

Содержание ванадия в растворе определяли методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (РФС) на энергодисперсионном спектрометре. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Степень извлечения ванадия из металлургических шлаков

Состав образца	Степень извлечения α , %	
	шлак процесса ITmk3	шлак ОАО «НТМК»
5 г шл. + 5 г щ.д.*	31,0	65,0
5 г.шл.+2,5 г щ.д.	16,5	60,7
5 г шл.+1,25 г щ.д.	9,0	46,0
5 г шл. +5 г щ.д.+1 г MnO_2	32,0	87,0

* щ.д. – щелочная добавка, в данном случае – Na_2CO_3

Максимальная степень извлечения ванадия 87 % получена в образцах со шлаком ОАО «НТМК» при соотношении шлака и щелочной добавки 1 : 1 в присутствии оксида марганца MnO_2 . Такая же степень извлечения достигнута при увеличении времени выщелачивания таких же образцов до трех часов (вместо двух) и при отсутствии MnO_2 . С уменьшением количества соды степень извлечения снижается.

Проведенные эксперименты позволили сравнить возможность извлечения ванадия из шлаков, полученных в разных металлургических процессах. При этом выявлено, что степень извлечения ванадия из шлаков процесса ITmk3 значительно меньше (32%), чем из шлаков ОАО «НТМК» (87%).

Известно, что увеличение содержания SiO_2 в шлаке приводит к значительному ухудшению результатов и уже при содержании SiO_2 16 % степень извлечения ванадия не превышает 35 %. К тому же, существенно влияет на вскрытие и выщелачивание ванадия присутствие оксида марганца в шлаке. Уменьшение отношения MnO / V_2O_5 менее чем 0,45 - 0,05 приводит, при том же отношении CaO / V_2O_5 , к снижению вскрытия и полноты извлечения ванадия [9,10].

Шлаки процесса ITmk3 содержат до 26,3 % оксида кремния и не имеют в своем составе оксида марганца. Таким образом, учитывая химический состав шлака, опираясь на исследования в области окисления ванадиевых шлаков, можно предположить, что ванадий связан химически в стекловидной фазе, т.е. находится в нерастворимой форме. Поэтому достигнутая в экспериментах с данными шлаками степень извлечения 31 % является максимальной.

Таким образом, проведенные исследования показали, что:

- состав и физико-химические свойства ванадиевых шлаков оказывают существенное влияние на вскрываемость и извлечение ванадия;

- достигнутые степени извлечения ванадия соответствуют применяемым технологиям;

- уменьшение расхода соды от необходимого количества приводит к снижению степени извлечения ванадия, а увеличение расхода, во-первых, существенно не влияет на результаты и, во-вторых, экономически нецелесообразно и может приводить к чрезмерному загрязнению водного бассейна соединениями натрия.

Обоснование получения оптимальных по составу шлаков, изучение процессов, происходящих при обжиге, представляет большой теоретический и практический интерес при разработке условий интенсификации производственного процесса и снижения потерь ванадия.

Список литературы

- 1 Kear, G. Development of the all-vanadium redox flow battery for energy storage: a review of technological, financial and policy aspects / G. Kear, A.A. Shah, F.C. Walsh // *International Journal of Energy Research*. 2012. Vol. 36, № 11. pp. 1105–1120.
- 2 Жеваго, Н.К. Микрокапиллярные емкости для хранения водорода / Н.К. Жеваго, В.И. Глебов, Э.И. Денисов и др. // *Альтернативная энергетика и экология*, 2012. №09. (113). С. 106-115.
- 3 Kear, G. Development of the all-vanadium redox flow battery for energy storage: a review of technological, financial and policy aspects / G. Kear, A.A. Shah, F.C. Walsh // *International Journal of Energy Research*. 2012. Vol. 36, № 11. pp. 1105–1120.
- 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. Ч.1. С. 340–344.
- 5 Шубина М.В., Махоткина Е.С. Анализ возможности извлечения титана из шлака процесса ITmk3 // *Наука и образование в современном обществе: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. Смоленск: НОВАЛЕНСО, 2015. Ч.1. С. 64–65.
- 6 Махоткина Е.С., Шубина М.В. Извлечение титана из шлака прямого восстановления титаномагнетитов // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й международной научно-технической конференции* / под ред. В.М. Колокольцева. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. Т. 1. № 1. С. 255–258.
- 7 Махоткина Е.С., Шубина М.В. Шлаки процесса прямого восстановления железа как источник получения ванадия и титана // *Теория и технология металлургического производства*, 2015. № 2 (17). С. 60–64.

- 8 Шубина М.В., Махоткина Е.С. Гидрометаллургический способ извлечения ванадия из шлака // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: сборник материалов III Всероссийской конференции с международным участием / отв. ред. К.В. Липин. Чебоксары: Изд-во «Новое время», 2013. С. 151–152.
- 9 Пат. 2090640 РФ. МПК⁷ C22B34/22. Способ извлечения ванадия из шлаков / Г.К.Тарабрин, В.А.Бирюкова, Е.М.Рабинович, В.С.Волков, Н.Е.Мерзляков, С.Е.Кузьмичев, В.П.Тарабрина, И.М.Тартаковский. Заявл. 25.10.1995. Опубл. 20.09.1997. Бюл. № 26.
- 10 Пат. 2096510 РФ. МПК⁷ C22B34/22. Способ извлечения ванадия из титанистых шлаков / Г.Б.Садыхов, В.А.Резниченко, И.А.Карязин, Л.О.Наумова. Заявл. 07.06.1996. Опубл. 20.11.1997. Бюл. № 32.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абанин Евгений Евгеньевич** – студент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail abanin-evgenie2013@yandex.ru, 89097482190 49
- Абдрахманов Роберт Назымович** – канд. техн. наук, ст. преп.
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 258
- Агапитов Евгений Борисович** – д-р техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail jek_agaritov@mail.ru 207
- Адувалин Андрей Александрович** – начальник службы движения,
МП Маггортранс. E-mail aduvalin@mail.ru, 8-951-256-34-07 26
- Айменов Марат Альбекович** – студент кафедры МЧМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail mcm@magtu.ru, 29-84-49 82
- Алексеев Даниил Юрьевич** – магистрант кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)29-85-25.
E-mail danon369@gmail.com 59
- Алексеев Данил Игоревич** – младший научный сотрудник ООО Компас-МГТУ.
E-mail alekseev41047@mail.ru 255
- Амангельдиев Нурлан Маратович** – магистрант каф. металлургии черных металлов института металлургии, машиностроения и материалобработки, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail nurik-9393@mail.ru 62
- Андреев Сергей Михайлович** – канд. техн. наук, доц., зав. каф.,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)29-85-27. E-mail pk_su@bk.ru 174, 204
- Анохин Василий Васильевич** – магистрант 1-го курса гр. АЭСм-15, кафедра электроснабжения промышленных предприятий, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова.
E-mail anohinvasilii@mail.ru, 8-906-871-13-19 148
- Антонов Вячеслав Николаевич** – канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова 207
- Антропова Екатерина Михайловна** – обучающаяся в магистратуре,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail lolliipop007@mail.ru. 8-912-897-25-08 23
- Анцупов Александр Викторович** – д-р техн. наук, доцент, зав. каф. технологии машиностроения, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail antsupov.alexander@gmail.com, +7(3519)29-84-69 78, 96
- Анцупов Алексей Викторович** – канд. техн. наук, доцент кафедры Проектирование и эксплуатация металлургических машин и оборудования, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, E-mail a.antcupov@gmail.com 78

- Анцупов Виктор Петрович** – д-р техн. наук, профессор кафедры Проектирование и эксплуатация металлургических машин и оборудования, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail antsupov.vp@gmail.com 78
- Артёмов Артём Вячеславович** – доцент кафедры ТЦБП и ПП ФГБОУ ВПО УГЛТУ, г. Екатеринбург 219
- Ахмедьянова Залия Ильгамовна** – студент гр. СХТб-13 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 89613616917 228
- Ахметова Альфия Айдаровна** – аспирант ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail ruskp06@rambler.ru, 89068716707 140
- Байкова Дианна Александровна** – магистрант, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail dianna.baykova.93@mail.ru 207
- Бакотин Илья Николаевич** – студент, Новотроицкий филиал НИТУ МИСиС. E-mail r.pelmen@mail.ru, Тел. 8(909)6080405 120
- Баликова Екатерина Александровна** – студент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail ekaterinagtb-14@mail.ru, 8-968-117-25-04 23
- Баранкова Инна Ильинична** – д-р техн. наук, зав. каф. ИиИБ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail inna_barankova@mail.ru 187
- Барышникова Надежда Ивановна** – канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail barunya@mail.ru, тел. 89080654168 236
- Бережная Галина Андреевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии, сертификации и сервиса автомобилей, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)29-85-25. E-mail galina_1609@mail.ru 59
- Бигеев Вахит Абдрашитович** – д-р техн. наук, проф. каф. металлургии черных металлов института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail v.bigeev11@yandex.ru 62
- Бикназарова Алина Айдархановна** – студент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail alinok@list.ru, 8-982-362-16-69 23
- Благодир Ольга Леонидовна** – аспирант кафедры репрографии, Издательско-полиграфический институт НТУУ КПИ, г. Киев, Украина. E-mail olha.blagodir@gmail.com, тел. +380680170265 214
- Боброва Инна Игоревна** – канд. пед. наук, доцент кафедры бизнес-информатики и информационных технологий, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail friend_bi@mail.ru +79194041072 195
- Боброва Ольга Борисовна** – старший преподаватель кафедры Промышленной экологии и БЖД, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail obbobrova@gmail.ru, 89030912125 228

Бодьян Анастасия Николаевна – студ. ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 89123120320	222
Бодьян Любовь Анатольевна – канд. пед. наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail bodyan_n@mail.ru, тел. 89123120321	222
Бокос Антон Иванович – канд. техн. наук, доцент, инженер	161
Бондарев Дмитрий Владимирович – магистрант, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail bondarev_d@mail.ru	10
Буксартов Евгений Серикбаевич – бакалавр 4-го курса гр. ЭСБ-12, кафедра электроснабжения промышленных предприятий, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. E-mail jack-3211@yandex.ru, 8-908-041-19-47	155
Буланов Михаил Викторович – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. E-mail mihet_bmv@mail.ru, 8-919-402-02-78	152
Бурмистров Константин Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	34
Бурындин Виктор Гаврилович – профессор кафедры ТЦБП и ПП ФГБОУ ВПО УГЛТУ, г. Екатеринбург. E-mail vgb@usfeu.ru	219
Быстрова Анастасия Александровна – студент гр. СХП6-13, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	238
Вайскрובהва Евгения Сергеевна – канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail v_zhenya@mail.ru, тел. 89517921209	236
Вдовин Константин Николаевич – д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, 29-85-30	65
Величко Елена Михайловна – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры репрографии Издательско-полиграфического института Национального технического университета Украины КПИ. E-mail reprografy15@gmail.com, (044)2048426	214, 216
Вечеркин Максим Викторович – канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail vecherkin@inbox.ru, +79028928057	204
Волков Павел Владимирович – канд. техн. наук, ст. преп. ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. E-mail prmpi@magtu.ru. 8(3519) 29-84-66	3
Ворсин Виктор Сергеевич – аспирант гр. ТНЗА-14, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail polyneutron@yandex.ru, 8-906-852-9704	233
Вязникова Елена Александровна – вед. инженер, ИМЕТ УрО РАН. E-mail vjaznikova@mail.ru, 232-90-69	99

- Галдин Михаил Сергеевич** – аспирант, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
Тел. 8-904-801-37-18. E-mail galdin.mike@gmail.com 174
- Ганин Дмитрий Рудольфович** – инженер, Новотроицкий филиал ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСиС. E-mail dmrgan@mail.ru. Тел. +7(3537)679607 46
- Гилемов Ильдар Галиевич** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова.
E-mail comw10@live.com, 8-919-110-34-50 152
- Грачев Дмитрий Владимирович** – студент 1 курса группы ММЗм-15 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 117
- Гребенникова Вера Владимировна** – ст. преподаватель каф. АСУ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова 177
- Гришин Игорь Анатольевич** – канд. техн. наук, доц. каф. обогащения полезных ископаемых, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519) 29-85-55 37, 62
- Грязнов Михаил Владимирович** – профессор, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail gm-autolab@mail.ru, 8-902-604-29-81 23, 26
- Губайдуллин Халил Рашитович** – студент группы ГМ-12-1 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 32
- Гулин Александр Евгеньевич** – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры ТОМ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 115, 117, 127
- Гушина Марина Сергеевна** – магистрант кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)29-85-25.
E-mail marina.mgn.89@mail.ru 59
- Давлетова Дания Даяновна** – студ. гр. МБЖБ-12, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.
E-mail daniya1994@yandex.ru, 89123151211 230
- Давыдов Кирилл Александрович** – обучающийся в магистратуре, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail davydov_k_a@rambler.ru, 8-952-507-95-11 26
- Даниленко Андрей Сергеевич** – бакалавр 4-го курса гр. ЭСБ-12, кафедра электроснабжения промышленных предприятий, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова.
E-mail danilenko.andrei.sergeevich@yandex.ru, 8-919-335-54-65 155
- Даутбаев Загир Римович** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 34
- Дегодя Елена Юрьевна** – доцент, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail magur@mail.ru 42

- Денисевич Александр Сергеевич** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова.
E-mail denisevich993@mail.ru, 8-951-779-90-92 152
- Дерябин Данил Андреевич** – студент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова 65
- Деулina Татьяна Сергеевна** – студ. гр. М-13-22 каф. металлургических технологий Новотроицкого филиала НИТУ МИСиС 225
- Дидович Сергей Владимирович** – аспирант кафедры МЧМ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail mcm@magtu.ru, 29-84-49 85
- Долматова Ирина Александровна** – канд. с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail dl.alina@rambler.ru, 58-06-39 241
- Дружков Виталий Гаврилович** – канд. техн. наук, доцент кафедры металлургии чёрных металлов, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. +7(3519)298430 46
- Дубовских Кирилл Игоревич** – аспирант кафедры ВТиП, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail Kirill.Dubovskikh@mail.ru, тел. 8 982 307 15 66 171
- Елесина Валерия Валерьевна** – магистрант гр. ТСММ-15, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail Lerik-elerik@mail.ru 112
- Емельяненко Елена Алексеевна** – доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова, тел. 8 (3519) 29-85-40, e-mail mdig@magtu.ru. 39
- Ермакова Валентина Петровна** – научный сотрудник, ИМЕТ УрО РАН. E-mail metallography@mail.ru, 232-91-64 102
- Ерофеев Сергей Дмитриевич** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. E-mail e-rofeev.serega@yandex.ru, 8 963 479 1541 133
- Ефимов Андрей Витальевич** – аспирант кафедры ЛП и М, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 89823365836 69
- Жизнин Константин Викторович** – ген. директор СТО Тахо-Трансмишн. E-mail Svz.mgn@mail.ru, 89514433331 250
- Зайцев Дмитрий Александрович** – аспирант, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail dimas_zaytsev@mail.ru, тел. 8-909-096-89-25 56
- Зайцева Татьяна Николаевна** – канд. биол. наук, доцент, доцент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail tatananick@mail.ru, 83519580639 238
- Закирова Регина Артуровна** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 165
- Золотухина Екатерина Игоревна** – канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры репрографии Издательско-полиграфического института

Национального технического университета Украины КПИ. E-mail savchenkokatya@bigmir.net, +380978896403	216
Зотов Сергей Владимирович – канд. техн. наук, доц. каф. ТССА ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail zotov_tssa@mail.ru, т. 298431	247
Зупаров Нурсултан Сандыбаевич – магистрант каф. металлургии черных металлов института металлургии, машиностроения и материалообработки, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail nursik.007@mail.ru	62
Иващенко Елена Вячеславовна – магистрант, кафедра технологии, сертификации и сервиса автомобилей, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail lenka_ivashenko@mail.ru, +79226391209	252
Ивеев Владимир Сергеевич – аспирант 1-го курса гр. АЭТа-15-1, институт ЭиАС, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. E-mail vivekeev@yandex.ru, 8-908-091-59-05	155
Игонина Кристина Евгеньевна – аспирант, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	49
Идрисов Ильдар Наилевич – студент гр. АТСм-15, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail ildar_nailevich@mail.ru, +7 (982) 306-40-29	204
Ильина Елена Александровна – канд. пед. наук, доцент, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail dar_nas@mail.ru	168
Кадошников Владимир Иванович – канд. техн. наук, проф. ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	16
Калинина Екатерина Андреевна – ст. преп., кафедра электроснабжения, ФГБОУ ВО Вятский государственный университет (ВятГУ)	145
Камалова Гюзель Ягафаровна – аспирант каф. ЛПиМ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail 174kamalova@mail.ru	109
Картунова Светлана Олеговна – ст. преп. кафедры ГМД и ОПИ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	32
Касаткина Елена Геннадиевна – канд. техн. наук, доц. каф. ТССА ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail belmag77@yandex.ru, т. 298431	247
Катаев Владимир Викторович – ведущий инженер, ИМЕТ УрО РАН. E-mail kataev.5959@mail.ru, 232-90-57	102
Кауров Дмитрий Владимирович – студент ФГБОУ ВПО Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), тел. 8 904 975 20 92, e-mail Kaurov1994@mail.ru.	39
Кинзин Дмитрий Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры ТОМ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 8 (906) 872-28-49, E-mail kinzin@mail.ru	52

- Клебан Богдан Николаевич** – студент 5-го курса каф. РМПИ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail artur.mazhitov@yandex.ru. +7(968) 116-09-60 20
- Клочковский Станислав Павлович** – канд. хим. наук, доцент
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова 258
- Коваленко Владимир Андреевич** – магистрант, ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail grimskul@yandex.ru. +79191170179 13
- Колокольцев Валерий Михайлович** – д-р техн. наук, профессор, ректор
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова 140
- Кольга Анатолий Дмитриевич** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры ГМиТТК,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail kad-55@magtu.ru 10
- Коновалов Максим Владимирович** – ст. преподаватель кафедры ИиИБ, канд.
техн. наук, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический
университет им.Г.И. Носова 183
- Корнеев Сергей Александрович** – канд. техн. наук, доцент каф. РМПИ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail korneev-1977@bk.ru. +7(906) 852-08-21 20
- Коробова Нелли Леонидовна** – д-р техн. наук, профессор кафедры ПЭиБЖД
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова 233
- Костина Зинаида Ивановна** – канд. техн. наук, доцент кафедры физической химии
и химической технологии ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова. E-mail zikostina@mail.ru.
Тел. 8(3519)29-84-25 261
- Кравчук Татьяна Сергеевна** – доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры
безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО Южно-Уральский
государственный университет (национальный исследовательский
университет), тел. 8 906 870-73-03, e-mail kravchukts@susu.ac.ru 39
- Крамаренко Анастасия Владимировна** – магистрант, специалист по
международной академической мобильности, ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail memag@mail.ru, +7-968-118-93-55 96
- Крылова Светлана Александровна** – канд. хим. наук, доцент кафедры физической
химии и химической технологии ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова. E-mail svkryl@mail.ru.
Тел. 8(3519)29-84-25 258, 261
- Кульсаитов Равиль Вадимович** – асп. ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г. И. Носова.
E-mail prmpi@magtu.ru. 8(3519) 29-84-66 3
- Лапин Максим Владимирович** – аспирант, ИМЕТ УрО РАН.
E-mail metallography@mail.ru, т.232-91-64 102
- Лапина Татьяна Михайловна** – магистрант ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова 6

- Лаптева Мария Дмитриевна** – студент гр. СХПб-13,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail lonelyxz@rambler.ru 241
- Латкин Вадим Владимирович** – асп. ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г. И. Носова.
E-mail prmpi@magtu.ru. 8(3519) 29-84-66 3
- Латышева Полина Константиновна** – студентка ФГБОУ ВПО УГЛТУ,
г. Екатеринбург 219
- Левандовский Сергей Анатольевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры ТОМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, 8 (908) 586-48-76, E-mail levandovskiy@mail.ru 52
- Леонтьева Елена Вячеславовна** – аспирант, ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail lena.leontyeva.64@mail.ru, тел. (3519)29-84-85 211
- Лимарев Александр Сергеевич** – канд. техн. наук, доцент каф. ТССА, ФГБОУ
ВО Магнитогорский государственный технический университет им.
Г.И.Носова. E-mail aslimarev@mail.ru, 29-84-31 250, 252
- Лобанов Даниил Андреевич** – инженер-исследователь, ИМЕТ УрО РАН.
E-mail summerdanny@yandex.ru, 232-90-37 99
- Ложкин Игорь Александрович** – аспирант 2-го курса гр. АЭТа-14-1,
институт ЭиАС, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический
университет им Г.И. Носова. E-mail snomagtu@yandex.ru,
8-950-743-98-25 148, 155
- Локотунина Наталья Михайловна** – канд. техн. наук, доцент каф. ТОМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail nml@mgn.ru 112
- Лукьянов Георгий Игоревич** – ассистент кафедры ИиИБ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail decorsi@mail.ru 183, 187
- Ляшева Юлия Сергеевна** – магистрант ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail lyasheva80@gmail.com., тел. (952)5068001 75
- Мажитов Артур Маратович** – канд. техн. наук, ассистент каф. РМПИ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail artur.mazhitov@yandex.ru. +7(902) 610-01-00 20
- Малашкин Сергей Олегович** – аспирант каф. ЛПиМ
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail malashckin.serzh@yandex.ru 109
- Махоткина Елена Станиславовна** – канд. техн. наук, доцент каф. ФХиХТ
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. Тел. 29-84-25 265
- Маюрникова Лариса Александровна** – д-р техн. наук, профессор, заведующая
кафедрой ФГБОУ ВО Кемеровский технологический институт пищевой
промышленности (университет). Тел. 8(3842)39-68-56 236
- Медяник Надежда Леонидовна** – проф., д-р техн. наук, зав. кафедрой,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail chem@magtu.ru, тел. (3519)29-85-22 211

- Мезин Игорь Юрьевич** – д-р техн. наук, проф. каф. ТССА
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail mezinuy1@mail.ru, т. 298431 247
- Миллер Дмитрий Эдуардович** – студент гр. СХПб-13,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова 244
- Миникаев Самат Ринатович** – магистрант каф. МЧМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail samat.minikaev@mail.ru. Тел. +73519-29-84-30 106
- Михайлова Галина Викторовна** – старший лаборант
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова 34
- Михайлова Ульяна Владимировна** – канд. техн. наук, доцент кафедры ИиИБ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail ylianapost@gmail.com 187
- Михайловский Игорь Александрович** – д-р техн. наук, профессор кафедры
технологии, сертификации и сервиса автомобилей
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И.Носова 252
- Михсенков Михаил Аркадьевич** – канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
ИМЕТ УрО РАН. E-mail silast@mail.ru, 232-91-67 99
- Моллер Александр Борисович** – д-р. техн. наук, профессор кафедры ТОМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, 8 (904) 810-96-29, E-mail amoller@mail.ru. 52
- Молчанова Алена Викторовна** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail xaru123@yandex.ru 168
- Мошкунов Владимир Викторович** – канд. техн. наук, инженер-технолог
лаборатории непрерывной разливки стали НТЦ ОАО Магнитогорский
металлургический комбинат 82
- Мубаряков Ринат Сайфитдинович** – гр. ГФ-12, ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова.
E-mail magur@mail.ru 42
- Мугалимов Риф Гарифович** – д-р техн. наук, доцент, профессор,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail energosberegenie@ Rambler.ru 158, 161, 165
- Мугалимова Алия Рифовна** – канд. техн. наук, технический руководитель
ООО МГТУ – Энергосбережение + 161, 165
- Муллаяров Данил Ильсурович** – студент гр. МТМб-13
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова E-mail danich1995@mail.ru 89123092262 89
- Некит Владимир Афанасьевич** – доцент, канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им Г.И. Носова. E-mail Vladimir@nekit.info, 8 903 090 3023 133
- Нефедов Андрей Викторович** – к.п.н., доцент, декан ФЗО, доцент каф. МТиО,
Новотроицкий филиал НИТУ МИСиС. E-mail cosnovotr@ Rambler.ru,
Тел. 89033648876 120

- Нефедова Евгения Викторовна** – канд. пед. наук, доцент Новотроицкого филиала НИТУ МИСиС. E-mail: russkisever@gambler.ru, тел. 89058493583 225
- Нешпоренко Евгений Григорьевич** – канд. техн. наук, доцент каф. ТиЭС, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail neshporenkoeg@mail.ru 180
- Николаев Александр Аркадьевич** – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им Г.И. Носова. E-mail alexniko@inbox.ru, 8-951-803-99-07 148, 152, 155
- Новиков Валерий Иванович** – канд. техн. наук, ведущий инженер, ООО МРК. E-mail fritjof@list.ru, тел. 8 902 898 09 63 16
- Нуриев Дамир Ренатович** – студент 5-го курса каф. РМПИ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail nuriev-damir@mail.ru. +7(906) 853-40-32 20
- Нурмахмадов Аслиддин Фахридинович** – студент 3 курса ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail asliddin.nurmahmadov.94@mail.ru, +7 (968)-118-83-88 115
- Овчинникова Любовь Андреевна** – канд. хим. наук, ст. науч. сотр., ИМЕТ УрО РАН. E-mail imetOLA@yandex.ru, 232-90-05 99, 102
- Орлов Василий Андреевич** – студент гр. АЗ-12, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова 183
- Осинцев Никита Анатольевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры промышленного транспорта, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8 (3519) 29-85-16. E-mail osintsev@magtu.ru 29
- Павелин Артем Вячеславович** – студент гр. ГФ-11 ИГДиТ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 37
- Панычев Анатолий Алексеевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры металлургических технологий и оборудования, Новотроицкий филиал ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСиС. E-mail a.pan1939@mail.ru. Тел. +7(3537)630606 46
- Пермякова Мария Александровна** – студентка группы АИБ-14, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail dear.irene.adler@gmail.com 191
- Пермякова Ольга Валерьевна** – старший преподаватель кафедры информатики и информационной безопасности, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail mrs.permyakova.olga@gmail.com 191
- Першин Геннадий Дальтонович** – проф., д-р техн. наук ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 6
- Петров Георгий Абрамович** – студент группы ГМ-12-1 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 32

- Петров Игорь Михайлович** – ст. преподаватель кафедры металлургии и стандартизации, филиал ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова в г. Белорецк. E-mail petrov.mgtu@gmail.com, тел. +7-927-334-1494 137
- Петроченко Елена Васильевна** – д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail evr3738@mail.ru, 89049743738 140
- Пешкова Александра Андреевна** – студент 1 курса группы ММЗм-15 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 127
- Погуца Светлана Сергеевна** – магистрант ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 6
- Полецков Павел Петрович** – д-р техн. наук, профессор кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail pavel_poletskov@mail.ru. Тел. 8(3519)29-85-25 59
- Полякова Марина Андреевна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ТОМ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 115, 117, 127
- Понурко Ирина Витальевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры физической химии и химической технологии ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail iponurko@mail.ru Тел. 8(3519)29-84-25 261
- Рахмангулова Айгуль Маратовна** – студент гр. ТХ6-14 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 89227229153 261
- Родимова Татьяна Дмитриевна** – студ. ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail tatjana_rodimova@rambler.ru, тел. 89049746842 222
- Рожков Григорий Константинович** – студент кафедры ТОМ, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, E-mail joyloony@gmail.com. 52
- Рубан Константин Алексеевич** – канд. техн. наук, начальник управления ИТ и АСУ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail ruban-k@mail.ru, 89128020863 198
- Рябова Вера Федоровна** – ст. преподаватель ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail mad_eln@mail.ru, 83519580639 244
- Рябчиков Михаил Юрьевич** – канд. техн. наук, доцент каф. АСУ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова. E-mail mr_mgn@mail.ru 177
- Рябчикова Елена Сергеевна** – ст. преподаватель каф. АСУ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова 177
- Савельева Раиса Николаевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования

- ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова E-mail sav-r46@yandex.ru 89
- Савиновских Андрей Викторович** – аспирант кафедры ТЦБП и ПП
ФГБОУ ВПО УГЛТУ, г. Екатеринбург 219
- Салганик Виктор Матвеевич** – д-р техн. наук, профессор, профессор,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail svm357@yandex.ru, тел. 23-20-85 56
- Саранча Сергей Юрьевич** – аспирант кафедры ТОМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова, E-mail science.mgn@gmail.com. 52
- Селиванов Валентин Николаевич** – канд. техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова 49
- Сергеев Павел Александрович** – магистрант гр. АТм-14,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail mr.pahen@gmail.com, т. 89080973423 180
- Сибгатуллин Салават Камилевич** – д-р техн. наук, профессор кафедры
металлургии черных металлов ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова. E-mail 10tks@mail.ru,
тел. 8(3519) 29-84-30 130
- Сибгатуллина Маргарита Ильдаровна** – магистрант каф. МЧМ,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail mi.mgtu@mail.ru. Тел. +73519-29-84-30 106
- Синицкий Евгений Валерьевич** – канд. техн. наук, доцент,
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова, 29-85-30 65
- Слободянский Михаил Геннадьевич** – канд. техн. наук, ст. преподаватель
кафедры Проектирование и эксплуатация металлургических машин и
оборудования, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова. E-mail momz-magtu@yandex.ru 78
- Смирнов Андрей Николаевич** – д-р физ.-мат. наук, доцент, зав.кафедрой
ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова. E-mail sman@magtu.ru, 29-85-78 255, 258
- Смирнова Валентина Григорьевна** – ведущий инженер, ИМЕТ УрО РАН.
E-mail metallography@mail.ru, 232-91-64 102
- Сомова Юлия Васильевна** – канд. техн. наук, ФГБОУ ВО Магнитогорский
государственный технический университет им. Г. И. Носова.
E-mail yuliya.somova.82@mail.ru, 89090939244 230
- Стацук Петр Владимирович** – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. БИИТ
ИЭАС, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова. E-mail s_ptr@rambler.ru, 83519298585 201
- Столяров Алексей Юрьевич** – канд. техн. наук, гл. технолог ООО Специальные
технологии. E-mail ays@special-teh.ru 109
- Столяров Александр Михайлович** – д-р техн. наук, профессор, профессор
кафедры МЧМ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова. E-mail mcm@magtu.ru, 29-84-49 82, 85

- Строгонов Дмитрий Александрович** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 258
- Сысоев Виктор Иванович** – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 258
- Сычков Александр Борисович** – д-р техн. наук, доцент, проф. каф. ЛПиМ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 8(3519)298567). E-mail absychkov@mail.ru 109
- Тарабаев Андрей Сергеевич** – студ. ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. E-mail prmpi@magtu.ru. 8(3519) 29-84-66 3
- Татьянин Евгений Николаевич** – мастер СТО Тахо-Трансмисшн. E-mail Tat_Zhenya@mail.ru, 89642492447 250
- Точилкин Василий Викторович** – аспирант ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail tochilkin_90@mail.ru., тел. (906)89535982 72
- Тухватуллин Мурадым Мавлетдинович** – главный специалист энергомеханического отдела АО ВПО Точмаш, государственная корпорация Росатом. E-mail muradum777@yandex.ru, 8-960-802-95-22 148
- Федорина Анна Владимировна** – студент группы ГТм-15, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. +7 (963) 093-68-11. E-mail anyuta.fedorina@yandex.ru 29
- Филатова Ольга Анатольевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail Feleodor@mail.ru 92
- Харитонов Вениамин Александрович** – канд. техн. наук, проф., проф. кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова. E-mail hva-46@yandex.ru, тел. +7-902-865-8994 137
- Харченко Александр Сергеевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры металлургии черных металлов ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail as.mgtu@mail.ru, тел. 8(3519) 29-84-30 130
- Харченко Елена Олеговна** – магистрант каф. МЧМ, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail eo.mgtu@mail.ru. Тел. +73519-29-84-30 106
- Хилажев Азамат Раятович** – аспирант ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова 34
- Хилалов Артур Ирекович** – студент гр. СХСб-13-2 ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. +79061043344 261
- Хисматуллин Радмир Рашитович** – гр. ГФ-12, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail magur@mail.ru 42
- Хотенов Игорь Сергеевич** – магистрант ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail khotenov616@mail.ru., тел. (951)7797582 75

Хренов Иван Борисович – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова	65
Цыганов Александр Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры промышленного транспорта, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. +7 (906) 899-10-15. E-mail Tsyganov_av@logintra.ru	29
Черепанов Вячеслав Васильевич – д-р техн. наук, доцент, профессор, член-корреспондент Российской Академии Электротехнических Наук, ФГБОУ ВО Вятский государственный университет (ВятГУ)	145
Чернов Виктор Петрович – д-р техн. наук, профессор кафедры ЛП и М, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 89128075023	69
Чикишев Денис Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологий обработки материалов, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail chikishev_denis@mail.ru. Тел. 8-902-895-87-55	124
Чукин Михаил Витальевич – д-р техн. наук, профессор, первый проректор – проректор по научной и инновационной работе, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail m.chukin@mail.ru, +7 (3519) 29-84-05	96
Шаповалов Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой металлургических технологий и оборудования, Новотроицкий филиал ФГАУ ВО Национальный исследовательский технологический университет МИСиС. E-mail alshapo@yandex.ru. Тел. +7(3537)679607	46
Шведчиков Владислав Александрович – студент ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail energosbergenie@rambler.ru	158
Шешуков Олег Юрьевич – д-р техн. наук, гл. науч. сотр., ИМЕТ УрО РАН. E-mail ferro1960@mail.ru, 232-91-34	99, 102
Шубин Алексей Борисович – д-р хим. наук, зав. лабораторией, ИМЕТ УрО РАН. E-mail fortran@list.ru, 232-90-77	102
Шубина Марианна Вячеславовна – канд. техн. наук, доцент каф. ФХиХТ ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. Тел. 29-84-25. E-mail shubina_mar@mail.ru	265
Юречко Дмитрий Валентинович – канд. техн. наук, ведущий специалист ДПК ОАО Магнитогорский металлургический комбинат	85
Якшина Виктория – студентка ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова	34
Ячиков Игорь Михайлович – д-р техн. наук, профессор кафедры ВТиП, ФГБОУ ВО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. E-mail jachikov@mail.ru, тел. 8 906 899 24 07	171

СОДЕРЖАНИЕ

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ТРАНСПОРТА

П.В. Волков, В.В. Латкин, Р.В. Кульсаитов, А.С. Тарабаев Расчет устойчивости горного массива для правильного определения вида крепи.....	3
Г.Д. Першин, С.С. Погуца, Т.М. Лапина Расчетная оценка энергетическим методом абразивного износа технически чистых металлов и углеродистых сталей	6
Д.В. Бондарев, А.Д. Кольга Применение магнитного догрузателя в колесно-рельсовом транспорте.....	10
В.А. Коваленко Использование движителя на комбинированном колесном ходу в горнодобывающей промышленности	13
В.И. Кадошников, В.И. Новиков Разработка и внедрение защитных элементов навесного оборудования карьерной техники	16
А.М. Мажитов, С.А. Корнеев, Б.Н. Клебан, Д.Р. Нуриев Обоснование технологии обработки маломощных сближенных рудных тел Камаганского месторождения	20
М.В. Грязнов, Е.М. Антропова, Е.А. Баликова, А.А. Бикназарова Анализ затрат на техническое обслуживание и ремонт автосамосвалов БелАЗ-7540 по сезонам эксплуатации	23
М.В. Грязнов, К.А. Давыдов, А.А. Адувалин Нормирование затрат на эксплуатацию автобусного парка	26
А.В. Федорина, Н.А. Осинцев, А.В. Цыганов Обоснование выбора подвижного состава при организации контейлерных перевозок	29
С.О. Каргунова, Г.А. Петров, Х.Р. Губайдуллин Определение деформаций на карьерах с применением современных технологий	32
К.В. Бурмистров, Г.В. Михайлова, А.Р. Хилажев, З.Р. Даутбаев, В. Якшина Оценка целесообразности реконструкции карьера «Малый Куйбас» с вовлечением в отработку законтурных запасов.....	34
И.А. Гришин, А.В. Павелин Изучение влияния расхода и типа реагентов на результаты флотации магнезит-серпентинитовых руд	37
Е.А. Емельяненко, Т.С. Кравчук, Д.В. Кауров Эколого-экономическое обоснование комплексного освоения недр	39

Р.С. Мубаряков, Р.Р. Хисматуллин, Е.Ю. Дегодя Современное состояние алмазной промышленности в России.....	42
---	----

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИЯ И МАТЕРИАОБРАБОТКИ

Д.Р. Ганин, В.Г. Дружков, А.А. Паньчев, А.Н. Шаповалов Применение минеральных добавок из сырья месторождений Восточного Оренбуржья в агломерационном производстве.....	46
---	----

Е.Е. Абанин, К.Е. Игонина, В.Н. Селиванов Шлакообразование в кристаллизаторе МНЛЗ.....	49
--	----

С.А. Левандовский, А.Б. Моллер, Д.И. Кинзин, С.Ю. Саранча, Г.К. Рожков Повышение эффективности стана 370 ОАО «ММК»: совершенствование слиттинг-процесса.....	52
---	----

В.М. Салганик, Д.А. Зайцев Математическое описание процесса холодной правки толстых листов.....	56
---	----

П.П. Полецков, Г.А. Бережная, М.С. Гущина, Д.Ю. Алексеев Экспериментальное исследование взаимосвязи предела текучести и твердости высокопрочных и сверхвысокопрочных сталей.....	59
---	----

В.А. Бигеев, И.А. Гришин, Н.М. Амангельдиев, Н.С. Зупаров Технология разделения продуктов комплексной переработки металлургических шлаков и шламов с использованием магнитной сепарации.....	62
--	----

К.Н. Вдовин, Е.В. Синицкий, И.Б. Хренов, Д.А. Дерябин Поведение экзогенных добавок в железоуглеродистых сплавах.....	65
--	----

А.В. Ефимов, В.П. Чернов Термовременная обработка отливок из стали марки 150ХНМ.....	69
--	----

В.В. Точилкин Развитие методов расчета и создание элементов промковшей четырёхручьевой МНЛЗ.....	72
---	----

Ю.С. Ляшева, И.С. Хотенов Разработка элементов системы промежуточный ковш – кристаллизатор МНЛЗ и создание конструкции имитатора рабочей среды для условий ОАО «ММК».....	75
---	----

А.В. Анцупов, М.Г. Слободянский, А.В. Анцупов, В.П. Анцупов Методика проектирования режимов финишной обработки опорных валков для обеспечения требуемого уровня их долговечности.....	78
--	----

М.А. Айменов, А.М. Столяров, В.В. Мошкунов Изучение влияния скоростного режима непрерывной разливки особонизоуглеродистой стали на качество слябов.....	82
--	----

С.В. Дидович, А.М. Столяров, Д.В. Юречко Изучение влияния состава шлакообразующей смеси в кристаллизаторе МНЛЗ на качество трубной стали.....	85
Р.Н. Савельева, Д.И. Муллаяров Повышение долговечности опорных валков чистовых клетей стана 2000 горячей прокатки ЛПЦ-10 ОАО «ММК».....	89
О.А. Филатова Компьютерное моделирование процесса разливки стали из промежуточного ковша сортовой МНЛЗ	92
А.В. Анцупов, М.В. Чукин, А.В. Крамаренко Метод выбора материала деталей металлургического оборудования с позиции обеспечения максимальной надежности	96
О.Ю. Шешуков, М.А. Михеенков, Д.А. Лобанов, Л.А. Овчинникова, Е.А. Вязникова Отработка технологии пирометаллургического восстановления оксидов железа в красном шламе	99
В.Г. Смирнова, В.П. Ермакова, В.В. Катаев, О.Ю. Шешуков, М.В. Лапин, А.Б. Шубин, Л.А. Овчинникова К вопросу наследования структуры шихтовых материалов алюминий содержащими сплавами	102
Е.О. Харченко, М.И. Сибгатуллина, С.Н. Миникаев Влияние рудной нагрузки шихты на прочность окатышей при нагреве до температуры 600 °С.....	106
А.Б. Сычков, А.Ю. Столяров, С.О. Малашкин, Г.Я. Камалова Структурообразование в поверхностном слое деформированных металлов ..	109
В.В. Елесина, Н.М. Локотунина Анализ концепций управления производственным предприятием с целью определения рациональных путей повышения качества выпускаемой продукции.....	112
А.Ф. Нурмахмадов, А.Е. Гулин, М.А. Полякова Влияние технологических параметров электроформования на морфологию полимерных волокон	115
Д.В. Грачев, М.А. Полякова, А.Е. Гулин Анализ существующих методов получения градиентных структур в металлах и сплавах.....	117
А.В. Нефедов, И.Н. Бакотин Модернизация механизма привода передвижения самоходной чугуновозной тележки АО «Уральская сталь»	120

Д.Н. Чикишев

Металлургическая концепция получения микролегированных трубных сталей, стальных толстых листов и труб большого диаметра для нефтегазового комплекса..... 124

А.А. Пешкова, М.А. Полякова, А.Е. Гулин

Анализ существующих растворов полимеров для получения нановолокон методом электроформования 127

С.К. Сибгатуллин, А.С. Харченко

Действие режимов загрузки компонентов шихты в доменную печь на тепловые нагрузки системы охлаждения 130

В.А. Некит, С.Д. Ерофеев

Динамическая модель радиального сжатия прокатных валков при холодной прокатке..... 133

В.А. Харитонов, И.М. Петров

Оценка конкурентоспособности технических процессов производства бунтовой арматурной стали 137

В.М. Колокольцев, Е.В. Петроченко, А.А. Ахметова

Количественные характеристики дендритной структуры жароизносостойких белых чугунов 140

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В.В. Черепанов, Е.А. Калинина

Математические модели резкопеременных нагрузок фанерного производства..... 145

А.А. Николаев, В.В. Анохин, И.А. Ложкин, М.М. Тухватуллин

Разработка усовершенствованного алгоритма управления статическим тиристорным компенсатором с целью снижения коммутационных перенапряжений при включении фильтров высших гармоник 148

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

Повышение надежности работы главных электроприводов реверсивного стана 1750 холодной прокатки ЗАО “ММК Metalurji” за счет уменьшения влияния провалов напряжения на работу преобразователя частоты 152

А.А. Николаев, Е.С. Буксартов, А.С. Даниленко, И.А. Ложкин, В.С. Ивекеев

Анализ влияния коротких замыканий в электрической сети 380 кВ на провалы напряжения в системе внутривзаводского электроснабжения металлургического завода ЗАО «ММК Metalurji» (г. Искендерун, Турция) . 155

В.А. Шведчиков, Р.Г. Мугалимов

Исследование потерь активной мощности в системе электроснабжения флотационных машин ОАО «Учалинский ГОК» 158

Р.Г. Мугалимов, А.И. Боков, А.Р. Мугалимова Шахтный осветительный аппарат с системой управления, контроля изоляции и сигнализации.....	161
Р.Г. Мугалимов, Р.А. Закирова, А.Р. Мугалимова Алгоритм оптимизации трудовых и материальных затрат на модернизацию асинхронных двигателей с повышением их класса энергоэффективности....	165
Е.А. Ильина, А.В. Молчанова Структура системы принятия решения в рамках программного комплекса «Совершенствование стипендиального обеспечения студентов»	168
К.И. Дубовских, И.М. Ячиков Моделирование объема выдаваемых ипотечных кредитов банком в зависимости от процентной ставки.....	171
С.М. Андреев, М.С. Галдин Упреждающая система управления тепловым режимом валковой разливки стали на основе модели процесса	174
М.Ю. Рябчиков, В.В. Гребенникова, Е.С. Рябчикова Управление качеством агломерата с учётом оценок эффективности доменного процесса	177
П.А. Сергеев, Е.Г. Нешпоренко Энергетический анализ теплотехнологии переработки сидеритовых руд	180
М.В. Коновалов, Г.И. Лукьянов, В.А. Орлов Разработка защищённых распределённых информационных систем на базе ViPNeT	183
И.И. Баранкова, У.В. Михайлова, Г.И. Лукьянов DLP система: защита от утечки информации. Анализ поиска Wordsearch	187
М.А. Пермякова, О.В. Пермякова Задачи оптимизации живучести информационных сетей	191
И.И. Боброва ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОЦИАЛИЗАЦИИ СУБЪЕКТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ..	195
К.А. Рубан Методика идентификации стандартов для профиля интероперабельности на основе механизма нечеткого логического вывода.....	198
П.В. Стащук Методика преподавания архитектуры компьютера студентам нетехнических специальностей вуза	201
И.Н. Идрисов, М.В. Вечеркин, С.М. Андреев Моделирование разветвленных вентиляционных систем с целью поиска рациональных режимов работы центробежных вентиляторов	204

В.Н. Антонов, Е.Б. Агапитов, Д.А. Байкова

Перспективы применения жидкостей с наночастицами в теплоэнергетике ..207

ФАКУЛЬТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ, ХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Е.В. Леонтьева, Н.Л. Медяник

Выбор реагентов для хлоридной переработки отходов обогащения
медно-колчеданных руд..... 211

О.Л. Благодир, Е.М. Величко

Исследование влияния параметров анилоковых валов и режимов печати
на краскоперенос во флексографии 214

Е.И. Золотухина, Е.М. Величко

Исследование увлажняющих растворов с антибактериальными свойствами
для офсетного способа печати 216

П.К. Латышева, А.В. Савиновских, А.В. Артёмов, В.Г. Бурыдин

Исследование физико-механических свойств модифицированных
древесных и растительных пластиков без добавления связующих 219

Л.А. Бодьян, А.Н. Бодьян, Т.Д. Родимова

Разработка фирменного стиля ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» 222

Е.В. Нефедова, Т.С. Деулина

Исследование экологического состояния деревьев в результате обрезки
в городе Новотроицке 225

З.И. Ахмедьянова, О.Б. Боброва

Варианты возможностей снижения выбросов сероводорода при грануляции
доменных шлаков 228

Д.Д. Давлетова, Ю.В. Сомова

Разработка инженерно-экологических изысканий при реконструкции АЗС
«Лукойл» ул. Северный переход, 3 г. Магнитогорск 230

В.С. Ворсин, Н.Л. Коробова

Исследование пространственной динамики биометрических показателей
сосны обыкновенной г. магнитогорска в связи с задачами зелёного
строительства городов с чёрной металлургией 233

Н.И. Барышникова, Е.С. Вайскрובה, Л.А. Маюрникова

Применение интегрированной системы управления качеством
и безопасностью на предприятиях общественного питания 236

Т.Н. Зайцева, А.А. Быстрова

Состояние рынка услуг общественного питания, предоставляемых
в муниципальных учреждениях г. Магнитогорска 238

И.А. Долматова, М.Д. Лаптева

Влияние характеристик основного сырья для производства мучных
кондитерских изделий на качество готовой продукции 241

В.Ф. Рябова, Д.Э. Миллер Изменение пищевой ценности блюд из мяса птицы при тепловой обработке.....	244
С.В. Зотов, И.Ю. Мезин, Е.Г. Касаткина Анализ современных методов диагностирования ДВС автомобилей	247
А.С. Лимарев, Е.Н. Татьяна, К.В. Жизнин Обзор коробок переключения передач современных легковых автомобилей.....	250
Е.В. Иващенко, А.С. Лимарев, И.А. Михайловский Разработка мероприятий по улучшению качества высокопрочных болтов ...	252
А.Н. Смирнов, Д.И. Алексеев Исследование влияния независимых параметров на показатели качества кокса M ₂₅ и M ₁₀ с помощью анализа существующих математических моделей, построенных в ходе активного эксперимента	255
А.Н. Смирнов, С.П. Клочковский, С.А. Крылова, Р.Н. Абдрахманов, В.И. Сысоев, Д.А. Строгонов Исследование возможности использования катализаторов на основе продуктов переработки высокомагнезиальных сидеритов в реакциях конверсии этанола	258
И.В. Понурко, З.И. Костина, С.А. Крылова, А.И. Хилалов, А.М. Рахмангулова Влияние модифицированной фосфатной композиции на качество воды	261
Е.С. Махоткина, М.В. Шубина Сравнительный анализ возможности извлечения ценных компонентов из шлаков металлургического производства	265
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	269

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
НАУКИ, ТЕХНИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ**

**Материалы 74-й международной
научно-технической конференции**

Том 1

Под редакцией В.М. Колокольцева

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 15.08.2016. Рег. № 180-16. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага тип. № 1.
Плоская печать. Усл.печ.л. 18,25. Тираж 100 экз. Заказ 366.



Издательский центр ФГБОУ ВО «МГУ им. Г.И. Носова»
455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок ФГБОУ ВО «МГУ им. Г.И. Носова»