

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

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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ЧАСТЬ IV**

*Труды Всероссийской научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
13-15 мая 2014 г.*

**выпуск 18**

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк  
2014**

ББК 74.580.268  
Н 340

Редакционная коллегия:

д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.х.н., профессор В.Ф. Горюшкин,  
к.т.н., доцент Ю.К. Власкин, д.т.н., профессор Г.В. Галевский,  
к.т.н., доцент И.В. Камбалина, д.т.н., профессор С.М. Кулаков.

Н 340                      Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения:  
труды Всероссийской научной конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под  
общ. ред. М.В. Темлянцева.– Новокузнецк: Изд. центр  
СибГИУ, 2014.– Вып. 18. – Ч. IV. Технические науки. – 300 с.,  
ил. – 120, таб. – 29.

ISBN 978-5-7806-0419-8

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Четвертая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных и технических наук: перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, актуальных проблем строительства, новых информационных технологий и систем автоматизации управления.

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

ISBN 978-5-7806-0419-8

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2014

# I. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 544.341.3 - 971:546.824

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕАКЦИИ ГАЗОВОЙ КОРРОЗИИ ТИТАНА В ТЕТРАХЛОРИДЕ УГЛЕРОДА

Бендре Ю.В., Зенцова С.В., Емельянов И.В.

Научный руководитель: д.х.н., профессор Горюшкин В.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет*

*г. Новокузнецк, koax@sibsiu.ru*

По табличным термодинамическим данным определены термодинамические характеристики реакции хлорирования титана тетрахлоридом углерода и сделан вывод о глубине протекания реакции.

Ключевые слова: титан, тетрахлорид углерода, хлорирование, термодинамические свойства, константа равновесия.

Нами проводятся исследования газовой коррозии титана и его сплавов в потоке тетрахлорида углерода в зависимости от температуры с целью указания отдельных стадий сложного гетерогенного процесса, определения его кинетических характеристик, а затем - и лимитирующей стадии. Результаты частично опубликованы. Так в [1] отмечено, что при 673К и выше титан в результате реакции хлорирования переходит в газовую фазу в составе тетрахлорида титана, а на его поверхности образуется пористая незащитная плёнка аморфного углерода:



Известно [2], что существенное упрощение кинетического описания гетерогенных реакций достигается введением стационарного приближения. Для элементарной реакции стационарность – неизменность скорости реакции во времени – выполняется при условии постоянства во времени константы скорости реакции и концентрации реагентов. Неизменности скоростей стадий гетерогенной реакции соответствует постоянство концентраций всех промежуточных веществ. Из уравнения реакции (1) следует, что выделение  $\text{TiCl}_{4\text{пар}}$  в газовую фазу способно повлиять на концентрацию  $\text{CCl}_{4\text{пар}}$  в потоке и в той большей степени, чем больше термодинамическая глубина протекания реакции (1). Настоящая работа посвящена определению термодинамических свойств реакции (1) и оценке глубины её протекания.

Термодинамические характеристики реакции (1) рассчитывали по термодинамическим свойствам реагентов в стандартных состояниях в интервале температуры 298,15 – 1000 К, взятым из справочника [3]. Стандартные состояния участников реакции: состояние кристаллического  $\alpha\text{-Ti}$ , состояние  $\text{CCl}_{4\text{газ}}$ , состояние  $\text{C}_{\text{графит}}$ , состояние  $\text{TiCl}_{4\text{газ}}$ .

Результаты расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Термодинамические характеристики реакции (1) в зависимости от температуры

T, К	$\Delta_r H^\circ(T)$ , кДж	$\Delta_r S^\circ(T)$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_r G^\circ(T)$ , кДж	lnK	K
298,15	- 667,18	20,061	- 673,162	271,566	$8,7 \cdot 10^{117}$
300	- 667,19	20,033	- 673,199	269,906	$1,7 \cdot 10^{117}$
400	- 667,74	18,448	- 675,122	203,008	$1,5 \cdot 10^{88}$
500	- 668,41	16,965	- 676,894	162,832	$5,2 \cdot 10^{70}$
600	- 669,11	15,696	- 678,525	136,020	$1,2 \cdot 10^{59}$
700	- 669,80	14,623	- 680,039	116,849	$5,6 \cdot 10^{50}$
800	- 670,48	13,717	- 681,456	102,456	$3,1 \cdot 10^{44}$
900	- 671,18	12,897	- 682,784	91,250	$4,3 \cdot 10^{39}$
1000	- 671,96	12,070	- 684,033	82,275	$5,4 \cdot 10^{35}$

Выражение для константы равновесия реакции (1) можно записать следующим образом:

$$K = \frac{P(TiCl_4)}{P(CCl_4)}, \quad (2)$$

где  $P(TiCl_4)$ ,  $P(CCl_4)$  - парциальное давление паров тетрахлоридов титана и углерода в газовой фазе соответственно.

Из данных таблицы 1 следует, что реакция хлорирования титана (1) отличается большим выделением теплоты (~ в 1,7 больше, чем тепловой эффект реакции полного горения твёрдого углерода в атмосфере кислорода) и осуществляется со значительной полнотой ( $K \gg 1$ , равновесие сдвинуто вправо).

Эти термодинамические выводы должны учитываться при проведении кинетических экспериментов. Поток тетрахлорида углерода необходимо поддерживать таким, чтобы обеспечивался унос паров  $TiCl_4$  из зоны реакции, иначе не будет постоянства концентрации  $C_0$  паров тетрахлорида углерода в ядре газовой фазы. Следует также иметь в виду возможность локального разогрева образцов металла в зоне протекания реакции.

#### Библиографический список

1. Горюшкин В.Ф., Бендре Ю.В., Тонкушин Я.В., Соскова Н.А., Будовских Е.А. Газовая коррозия титана в тетрахлориде углерода // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2013. № 1(3). С.25-28.
2. Розовский А.Я. Гетерогенные химические реакции (кинетика и макрокинетика). – М.: Наука, 1980. 324с.
3. NIST-JANAF Thermochemical Tables 1985. Version 1.0 [Электронный ресурс] : data compiled and evaluated by M.W. Chase, Jr., C.A. Davies, J.R. Dawney, Jr., D.J. Frurip, R.A. Mc Donald, and A.N. Syvernd. – Режим доступа : [http : // kinetics. nist. gov / janaf](http://kinetics.nist.gov/janaf).

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА УСТАЛОСТНУЮ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ**

**Алсараева К.В., Комиссарова И.А., Воробьев С.В.**  
**Научный руководитель: д.т.н., доцент Коновалов С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, alsaraeva\_kv@physics.sibsiu.ru*

Выполнен анализ влияния электронно-пучковой обработки на усталостную долговечность стали. Усталостная долговечность модифицированной электронным пучком стали 20Х13 повышается в ~2 раза по отношению к стали, не обработанной электронным пучком, а стали 08Х18Н10Т – в 3,5 раза. Сделано предположение, что обработка электронным пучком сплавов алюминия будет оказывать влияние на его усталостную долговечность.

Ключевые слова: усталость, электронно-пучковая обработка, структурно-фазовые состояния.

Усталостная прочность и долговечность являются важными критериями оценки работоспособности и ресурса деталей и конструкций. Физическая природа и картина поведения сталей и сплавов при циклическом нагружении остаются недостаточно изученными, поскольку на усталостное разрушение оказывают влияние целый комплекс факторов (фазовый состав и дефектная субструктура, состояние поверхностного слоя, среда и температура испытаний, частота и амплитуда действующей нагрузки и т.д.). В общем случае процесс усталости связан с постепенным накоплением и взаимодействием дефектов кристаллической решетки и, как следствие этого, с развитием усталостных повреждений в виде образования и распространения микро- и макроскопических трещин [1].

Поскольку усталостное разрушение начинается преимущественно с поверхности, то упрочнение поверхностного слоя способно привести к повышению усталостных характеристик. Одним из перспективных методов целенаправленной модификации структурно-фазового состояния поверхностного слоя металлов и сплавов является электронно-пучковая обработка, обладающая большими возможностями для контроля количества подводимой энергии, создания большой площади воздействия концентрированного потока энергии на обрабатываемый материал, малыми коэффициентами отражения энергии, более высокой концентрацией энергии в единице объема материала, а соответственно и большими возможностями перехода тела в высокоэнергетическое состояние [2].

Многоцикловые усталостные испытания стали 08Х18Н10Т, подвергнутой предварительной электронно-пучковой обработке, сопровождаются формированием градиентной структуры. В результате выявлено увеличение примерно в 3,5 раза усталостной долговечности модифицированной элек-

тронным пучком стали (по сравнению с необлученным материалом). Установлено, что одной из причин повышения усталостной долговечности облученной стали является измельчение зеренной и субзеренной структуры, растворение частиц карбидной фазы в поверхностном слое, инициированное электронно-пучковой обработкой [3].

При проведении усталостных испытаний стали 20X13, подвергнутой высокоинтенсивной электронно-пучковой обработке [4], выявлено повышение усталостной долговечности стали в ~2 раза по отношению к стали, не обработанной электронным пучком. Проведены исследования методами дифракционной электронной микроскопии структуры и фазового состава поверхностного слоя образцов стали. В слое, расположенном на глубине ~20 мкм, выявлено формирование субзеренной и полосовой структуры с высокой плотностью концентраторов внутренних полей напряжений. Установлено, что концентраторы с максимальной амплитудой полей внутренних напряжений формируются у границы раздела частица карбидной фазы –  $\alpha$ -матрица. Это позволило предположить, что основной причиной повышения усталостной долговечности стали 20X13 является растворение при электронно-пучковой обработке присутствующих в приповерхностном слое глобулярных частиц карбидов типа  $M_{23}C_6$ .

Известно, что сплавы на основе алюминия (силумины) обладают следующими свойствами: повышенной склонностью к хрупкому разрушению при длительном действии внутренних или внешних напряжений на твердый раствор сплава; большой склонностью к резкому снижению прочностных характеристик при совместном действии нагрузок и температуры. Поэтому, исходя из анализа влияния электронно-пучковой обработки на сталь, можно сделать предположение, что будет наблюдаться похожее влияние при обработке электронными пучками силуминов.

#### Библиографический список

1. Терентьев В.Ф. Усталость металлических материалов. – М.: Наука, 2002.- 248 с.
2. Грибков В.А., Григорьев Ф.И., Калинин Б.А. и др. Перспективные радиационно-пучковые технологии обработки металлов. – М.: Круглый год, 2001.- 528 с.
3. Иванов Ю.Ф., Коваль Н.Н., Горбунов С.В., Воробьев С.В., Коновалов С.В., Громов В.Е. Многоцикловая усталость нержавеющей стали, обработанной высокоинтенсивным электронным пучком: структура поверхностного слоя // Известия ВУЗов. Физика, 2011. №5. с. 61-69.
4. Иванов Ю.Ф., Бессонов Д.А., Воробьев С.В., Коновалов С.В., Коваль Н.Н. Усталостная долговечность стали мартенситного класса, модифицированной высокоинтенсивными электронными пучками. Новокузнецк: Изд-во «Интер-Кузбасс», 2011. – 259 с.

**ЗЕРЕННАЯ СТРУКТУРА СТАЛИ 08X18H10T****Неустроев А.А., Коваленко В.В.****Научный руководитель: д. ф-м. н., доцент Коваленко В.В.***Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, vikt.kowalensko@yandex.ru*

В настоящей работе методом оптической микроскопии с применением классических методов статистической обработки экспериментальных данных представлены результаты исследования структурного состояния стали 08X18H10T.

Ключевые слова: анизотропия, зерно, структура, оптическое изображение.

В настоящее время зеренную структуру принято классифицировать различными способами [1, с.110]. Проведенный анализ показал, что в исследованной стали необходимо выделить следующие типы зерен. Это – сильно вытянутые зерна вдоль направления проката, средне вытянутые и практически изотропные зерна. Зерна делятся по коэффициенту анизотропии  $K$ :

$$K = \frac{L}{D}, \quad (1)$$

где  $L$  – продольный и  $D$  – поперечный размеры зерна. В исходном состоянии исследуемой стали выделяется три типа зерен: 1) длинные вытянутые зерна с коэффициентом анизотропии  $K \approx 5$ ; 2) равноосные зерна с коэффициентом анизотропии  $K$ , близким к единице ( $K = 1 \div 2$ ), и 3) средне анизотропные зерна – это зерна с коэффициентом анизотропии  $K = 1,7 \div 1,8$ .

Зерна с большим коэффициентом анизотропии, образовавшиеся за счет миграции и слияния коротких границ, перпендикулярных направлению прокатки, и активного зернограницного скольжения по границам, параллельным направлению прокатки, являются зернами чисто деформационного происхождения и не содержат внутри себя эффектов рекристаллизации.

Второй тип зерен, мелкие изотропные, -чисто рекристаллизационного происхождения (это зародыши рекристаллизации). Часто эти зерна располагаются цепочками вдоль границ вытянутых зерен (зерен первого типа).

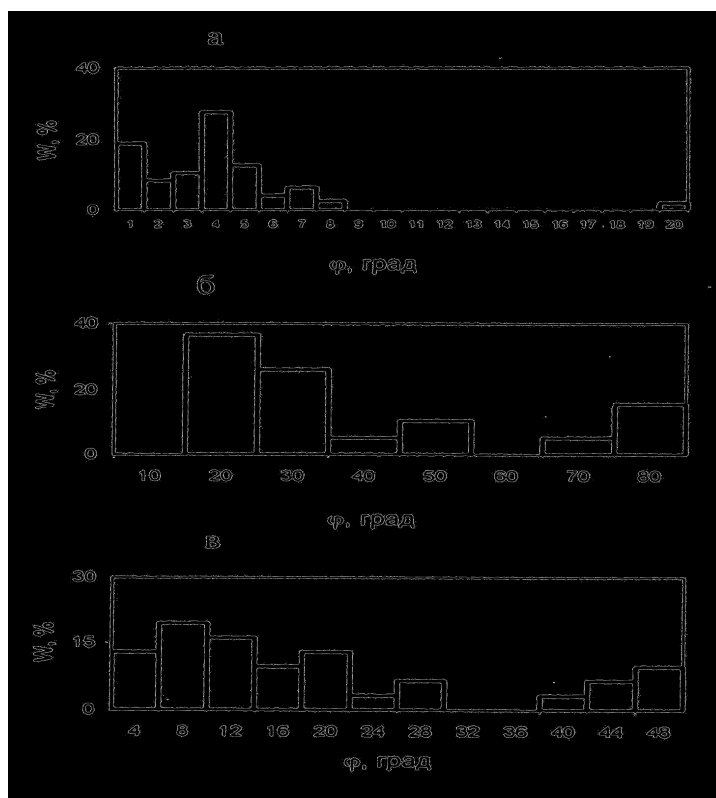
Третий тип зерен – среднеанизотропные явно испытали на себе как растяжение при деформации, так и рекристаллизационные процессы при деформации и последующем охлаждении. Иными словами, их структура отражает динамическую и статическую рекристаллизации в совокупности [2, С.203]. Если первые два типа зерен не содержат в себе двойники отжига и окружены, в основном, криволинейными границами, т.е. границами общего типа, то третий тип содержит двойники отжига и эти зерна окружены как границами общего, так и специального типа.

Применение планиметрического метода позволило выполнить статисти-

ческий количественный анализ строения стали по распределению типов зерен.

В работе [1, С.145] было введено понятие вектора структурной текстуры, направление которого совпадает с большой осью зерна, а модуль равен отношению продольного размера к поперечному ( $K$  – коэффициент анизотропии).

Анализ ориентации вектора структурной текстуры хорошо коррелирует с разделением зерен на три и (или) четыре типа. Действительно, распределение ориентации вектора структурной текстуры различно для этих типов зерен. Оно представлено на рисунке 1.



а – вытянутые зерна; б, в – среднеанизотропные зерна (с двойниками и без двойников)

Рисунок 1 – Структурная текстура зерен стали 08X18H10T

Таким образом, методами металлографии травленого шлифа установлено, что зеренная структура стали 08X18H10T в состоянии после прокатки (исходное состояние) характеризуется наличием трех типов зерен, отличающихся коэффициентом анизотропии, и подразделяющихся на высокоанизотропные зерна (с максимальным коэффициентом анизотропии  $K \approx 5$ ), среднеанизотропные (с коэффициентом анизотропии  $K \approx 1,8$ ) и практически изотропные зерна (с коэффициентом анизотропии  $K \approx 1$ ).

#### Библиографический список

1. Громов В.Е., Козлов Э.В., Базайкин В.И. и др. Физика и механика волочения и объемной штамповки. – М.: Недра. 1997. - 293 с.
2. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов. М.: Metallurgia. 1978. - 568с.



## **АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ**

**Неустроев А.А., Коваленко В.В.**

**Научный руководитель: д. ф-м. н., доцент Коваленко В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, vikt.kowalencko@yandex.ru*

В работе представлены некоторые результаты исследования методами дифракционной электронной микроскопии параметров тонкой структуры аустенитной стали 08X18H10T, широкой применяемой в условиях работы изделий при мало-и многоциклового усталости. Отражены закономерности изменения характеристик стали на микроуровне.

Ключевые слова: градиент, градиентная структура, контур экстинкции, зерно, граница зерна, поле напряжений.

Градиентные структуры делятся на непрерывные (плавное, монотонное изменение параметров), дискретные (скачкообразное изменение параметров), смешанные (оба случая одновременно). При этом надо иметь в виду, что амплитуды изучаемых характеристик материала могут возрастать, убывать и колебаться.

Рассмотрим проявление непрерывных градиентов на примере характеристик, иллюстрирующих поля напряжений, формирующихся в объеме зерна. Методами электронной дифракционной микроскопии тонких фольг поля напряжений (дальнодействующие поля напряжений) выявляются по наличию изгибных экстинкционных контуров, указывающих на изгиб-кручение кристаллической решетки материала.

Изгиб кристаллической решетки материала может быть различным. Во-первых, чисто упругим, создаваемым полями напряжений, накопленными из-за несовместности деформации, например, зерен поликристалла, пластичного материала с недеформируемыми частицами. Источниками полей напряжений упругого происхождения, которые возникают в основном при неоднородной деформации материала, являются стыки и границы зерен поликристаллов, дисперсные недеформируемые частицы, в некоторых случаях – трещины. Во-вторых, пластическим, если изгиб создается дислокационными зарядами, т.е. избыточной плотностью дислокаций, локализованной в некотором объеме материала. В-третьих, упруго-пластическим, когда в материале присутствуют оба источника полей. Примеры, иллюстрирующие источники полей напряжений и их проявление на электронно-микроскопических изображениях структуры материала, приведены на рисунке 1.

Проведенные в настоящей работе исследования показали, что основными источниками кривизны-кручения кристаллической решетки конструкционной стали (источниками дальнодействующих полей напряжений) явля-

ются частицы карбидной фазы, границы и стыки границ зерен.

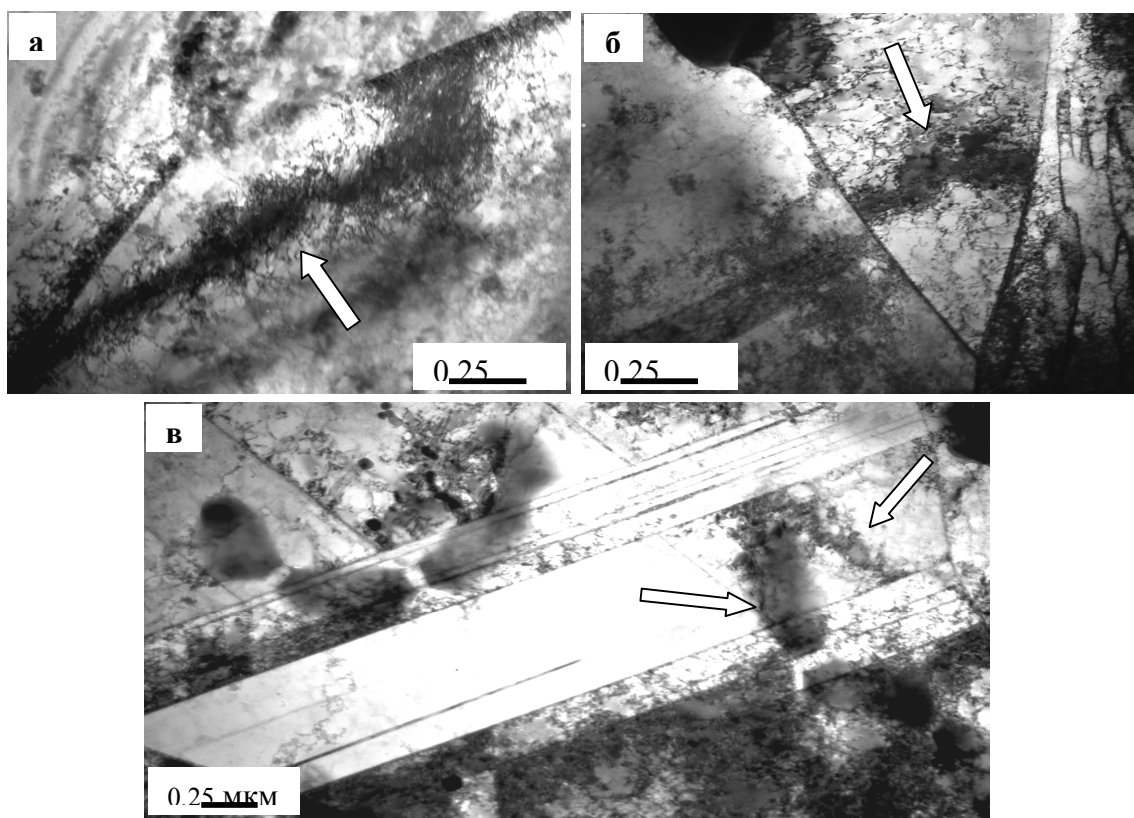


Рисунок 1 - Электронно-микроскопическое изображение структуры стали 08X18H10T, разрушенной в результате многоцикловых усталостных испытаний (стрелками указаны изгибные экстинкционные контуры)

При этом наиболее высокие значения амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки стали  $\chi$  фиксируются вблизи частиц карбидной фазы, расположенных в объеме зерен ( $\chi \sim 3,4 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$ ). Существенно меньше значения амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки исследуемой стали вблизи границ и стыков границ зерен ( $\chi \sim 8,5 \cdot 10^2 \text{ см}^{-1}$ ). По мере удаления от источника напряжений кривизна-кручение кристаллической решетки снижается. Последнее однозначно свидетельствует о градиентном характере изменения кривизны-кручения кристаллической решетки стали.

Учитывая, что и при упругом, и при пластическом изгибе кристаллической решетки стали амплитуда далекодействующих полей напряжений прямо пропорциональна величине кривизны-кручения кристаллической решетки  $\chi$ , можно сказать, что наиболее напряженными участками изучаемой стали являются объемы зерен, содержащие частицы карбидной фазы, и, следовательно, данные объемы стали при внешнем воздействии будут являться потенциальными источниками микротрещин.

Деформация стали и последующее ее разрушение сопровождается формированием микро- и макротрещин. Электронно-микроскопические ис-

следования стали методом тонких фольг позволяют анализировать дальнедействующие поля напряжений, формирующиеся и микротрещинами. Изучение различных данных электронной микроскопии стали, так же как и микрофотографий структуры, приведенных на рисунке 1, позволяют сделать вывод о закономерном изменении величины дальнедействующих полей напряжений по мере удаления от источника данных полей.

Таким образом, дальнедействующие поля напряжений, формирующиеся в стали и, несомненно, в любых кристаллических телах, имеют градиентный характер. Последнее выражается в снижении величины амплитуды поля напряжений по мере удаления от источника кривизны-кручения кристаллической решетки материала, что визуально выражается в закономерном увеличении поперечных размеров изгибных экстинкционных контуров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013г.» (госконтракт П332).*

УДК 669.017:539

## **ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРОЦЕССЫ МИКРОСКОПИЧЕСКОГО УРОВНЯ В СТАЛИ 9ХФ**

**Неустроев А.А., Коваленко В.В.**

**Научный руководитель: д. ф-м. н., доцент Коваленко В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, vikt.kowalencko@yandex.ru*

В статье описаны результаты исследования современными структурными методами структурно-фазовых превращений в стали в условиях интенсивных нагружений при прокатке. На микроуровне выявлены преобразования структуры и процессы фрагментации.

Ключевые слова: фазовый состав, дислокации, фрагменты первого и второго типов, градиент.

В результате различных способов воздействия, таких как ковка, прокатка, волочение, штамповка и прочие, в материале образуются неоднородные структуры, называемые градиентными [1 - 3]. В этих структурах по мере удаления от поверхности изменяются такие параметры, как: плотность дефектов, их организация, размеры и тип фрагментов. Одновременно в этом же направлении изменяется концентрация легирующих элементов и примесей, что влечет за собой изменение фазового состава, списка присутствующих фаз и их морфологии. При этом будут изменяться эксплуатационные и технологические характеристики, такие как прочность и пластичность, внутренние поля напряжения и плотность трещин и пр.

Структура стали в центральной части валка – пластинчатый перлит,

представляющий собой конгломерат чередующихся прямолинейных пластин цементита (карбида железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ ) и феррита ( $\alpha$ -фазы). Колонии перлита имеют небольшую скалярную плотностью дислокаций в феррите ( $\sim 0,6 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$ ) и практически полное отсутствие ее в цементите. Кроме цементита в стали присутствует карбид  $\text{M}_6\text{C}$  в виде отдельных округлых частиц, имеющих средний размер  $\sim 0,7 \text{ мкм}$ .

Пластическая деформация валка, приведшая к отколу исследуемой части образца, привела к искривлению и частичному разрушению перлитных колоний. Причем, чем ближе к поверхности образца, тем сильнее искривление колоний. Значительно возросла скалярная плотность дислокаций в  $\alpha$ -фазе. Накопление дислокаций повлекло за собой их перераспределение и, как следствие, фрагментацию материала, т.е. образование разориентированных объемов, разделенных границами дислокационного типа. В исследуемой стали наблюдается два типа фрагментации - первичная и вторичная. При первичной фрагментации структура перлитных колоний в основном сохраняется. На фоне возросшей плотности дислокаций наблюдаются достаточно четкие границы, ориентированные в основном поперек ферритных пластин. Фрагменты имеют четко выраженную анизотропную форму. Они удлинены вдоль оси перлитной колонии. Ширина их равна поперечному размеру пластины  $\alpha$ -фазы. Длинными границами фрагментов являются межфазные границы « $\alpha$ -матрица – цементит», присутствовавшие еще в стали в исходном состоянии. Практически под прямым углом к ним располагаются короткие границы. Находятся они внутри прослоек  $\alpha$ -фазы и имеют дислокационную природу.

При вторичной фрагментации происходит образование дислокационных стенок как поперек, так и вдоль пластин  $\alpha$ -фазы. Вторичная фрагментация разрушает перлитные колонии, создавая в структуре хаос. Образуются изотропные фрагменты  $\alpha$ -фазы, границы которых частично окаймлены цементитом. Такие участки представляют собой смесь зерен  $\alpha$ - фазы и цементита.

Уже на глубине 10 мм от поверхности валка структура стали полностью фрагментирована, причем в материале присутствуют оба типа фрагментов в одинаковом количестве. Средний размер фрагментов на этой глубине составляет величину 0,38 мкм. По мере приближения к поверхности средний размер фрагментов уменьшается, хотя и незначительно, и на поверхности валка он равен 0,31 мкм. Отметим, что средний размер первичных фрагментов всегда в  $\sim 1,3$  раза меньше среднего размера вторичных фрагментов. Внутри всех фрагментов  $\alpha$ -фазы присутствуют дислокации при плотностях, достигающих  $10^{10} \text{ см}^{-2}$ .

Особо следует обратить внимание на размеры и форму карбида железа  $\text{Fe}_3\text{C}$  (цементита). Независимо от типа фрагментов частицы цементита присутствуют в трех характерных местах дефектной структуры материала. Во-первых, в бывших колониях, подвергшихся частичному разрушению. Здесь частицы цементита имеют пластинчатую форму и располагаются вдоль границ фрагментов  $\alpha$ -фазы. В среднем поперечные размеры частиц составляют

величину  $\sim(30 \pm 10)$  нм, продольный размер частиц соответствует размеру длинной стороны фрагмента. Во-вторых, частицы цементита присутствуют в субграницах фрагментации  $\alpha$ -фазы в виде относительно мелких пластинок, средний размер которых составляет  $\sim(10 \pm 2) \times (30 \pm 10)$  нм. В-третьих, частицы цементита присутствуют внутри фрагментов на дислокациях. Они имеют округлую форму, их размер не превышает 10 нм.

Необходимо обратить внимание на еще одну фазу, присутствующую в материале валка в сравнительно небольших количествах, однако могущую значительно влиять на механические свойства материала. Это - частицы специального карбида  $M_6C$  (рисунок 1). Они обладают округлой формой, их размер  $\sim 0,5$  мкм вблизи поверхности валка и 0,7 мкм на расстоянии 10 мм. Эти карбиды не содержат дислокаций и, по-видимому, в исследуемых условиях деформируются исключительно упруго (на это указывает наличие бездислокационных изгибных контуров внутри частиц, см. рисунок 1). Вследствие этого в них запасена большая упругая энергия, которая идентифицируется по значительной величине кривизны-кручения кристаллической решетки.

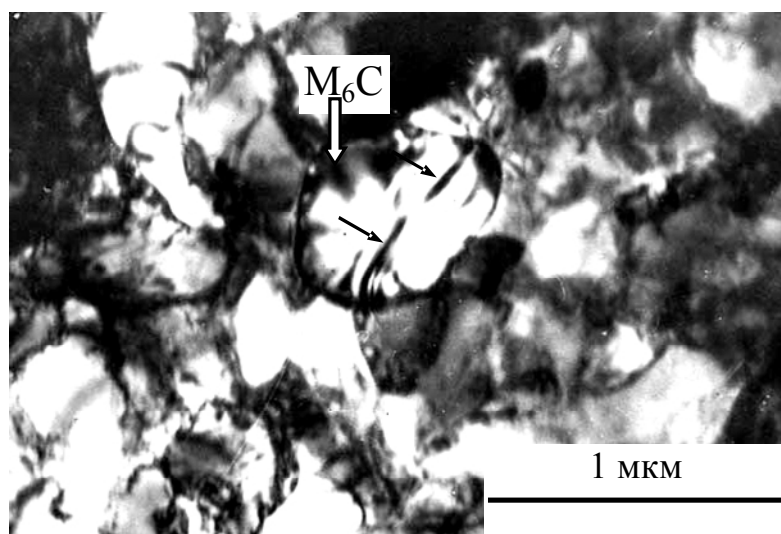


Рисунок 1 - Электронно-микроскопическое изображение участка структуры поверхности образца стали 9ХФ. Частица карбида  $M_6C$  и вторично фрагментированный перлит. Внутри частицы присутствуют бездислокационные экстинкционные контуры (отмечены стрелками)

Деформация вначале развивается в  $\alpha$ -фазе. В ней накапливаются дислокации, развиваются дислокационные границы (вначале поперечные, затем продольные). После упрочнения  $\alpha$ -фазы начинает развиваться более интенсивная деформация в прослойках цементита. Скользящие дислокации разрезают пластины, переносят мелкие частицы внутрь  $\alpha$ -фазы, частично растворяют в своих ядрах атомы углерода и также переносят их в объем  $\alpha$ -фазы.

Оценки степени пластической деформации, приводящей к формированию фрагментированной структуры с минимальным размером фрагментов

0,3 мкм, показывают, что, согласно [4, с.144-167], она составляет  $\varepsilon \approx 0,7$ .

#### Библиографический список

1. Градиентные структурно-фазовые состояния в твердых телах / Э.В. Козлов, А.М. Глезер, В.Е. Громов [и др.] // Известия РАН. Сер.: Физическая. - 2003. – Т 67, № 10. - С. 1374.
2. Градиентные структурно-фазовые состояния в рельсовой стали. / В.Е. Громов, В.А. Бердышев, Э.В. Козлов [и др.]. - М. : Недра ком. ЛТД, 2000. - 176 с.
3. Градиентные структуры в перлитной стали / Э.В. Козлов, В.Е. Громов, В.В. Коваленко [и др.]; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2004. - 224 с.
4. Деформационное упрочнение и разрушение поликристаллических металлов / В.И.Трефилов, В. Ф. Моисеев, Э.П. Печковский [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1987. – 248 с.

УДК 620.3

### **«НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ» - НОВЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Шукаленков П.М., Коваленко В.В.**

**Научный руководитель: д. ф-м. н., доцент Коваленко В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, vikt.kowalensko@yandex.ru*

В статье представлены материалы, подготовленные по итогам участия обучающихся 9-11-х классов общеобразовательных учреждений в V ежегодном фестивале молодёжных творческих проектов «Моя профессия – мой вуз», посвящённом Сибирскому государственному индустриальному университету и развиваемому профилю подготовки «Наноматериалы и нанотехнологии». Раскрыты основные понятия, доступные для восприятия школьниками из различных областей nanoиндустрии, даны представления и оценены возможные направления применения наноматериалов и нанотехнологий.

Ключевые слова: наноматериал, нанотехнология, наноуровень, эффект лотоса, эффект геккона.

Наноматериалы и нанотехнологии – это не только наука, но и направление, по которому будут обучать студентов в Сибирском государственном индустриальном университете уже в 2014 – 2015 учебном году. Возник интерес к этой области ещё и потому, что Президент РФ внес это направление подготовки в перечень приоритетных, которые будут поддержаны на государственном уровне, и есть перспектива обучаться в будущем по этой специальности.

Известно, что самой престижной премией в области физики является Нобелевская премия по физике, которой был удостоен в 2000 году наш соотечественник профессор Жорес Иванович Алферов. Именно с его разработок в области электроники, начиная с 1964 г., началось бурное развитие нанoeлектроники и нанотехнологий. Определяя перспективность развития нанотехнологии, он произнес такую фразу: «Практически все, что необходимо современному человеку для жизни и деятельности может быть изготовлено из атомов и молекул. Всё, от продуктов питания до ядерных электростанций дадут нам молекулярные нанороботы. Из грязи, оставшейся на коврикe, после того, как вы вытерли ноги».

В этой связи вспоминается известное произведение «Левша» русского классика Николая Лескова, который написал: «Если бы был лучше мелкоскоп, который в 5 миллионов увеличивает, так Вы изволили бы увидеть, что на каждой подковинке мастерово имя выставлено: какой мастер ту подковку делал». Сам не зная, писатель говорил о нанотехнологиях и предметах нанoуровня.

Сегодня сложилось мнение, что нанобъекты - это объекты (1D, 2D, 3D), имеющие хотя бы один размер от 10 до 100 нм. При этом самым мельчайшим объектом является ядро, входящее в состав атома, являющееся нанобъектом. Приставка «нано» переводится с греческого как «карлик», «гномик». В физике приставка «нано» - это  $10^{-9}$  м (или 0,1 Ангстрем), то есть одна миллиардная часть метра. С ней связаны все современные и перспективные направления науки и области применения нанотехнологий: «наномир», «нанонаука», «нанотехнологии», «нанотехника», «наноматериалы», «нанoeлектроника», «нанобиотехнология», «нанокерамика», «наномедицина». Так, размер нашей планеты Земля в  $10^9$  раз больше размера старой монеты достоинством 1 копейка, а средний размер яблока в  $10^9$  раз больше размера молекулы воды.

Российский физик Жорес Иванович Алферов написал: «Если при уменьшении объема, какого - либо вещества по одной, двум или нескольким координатам до размеров нанометрового масштаба возникает новое качество, или это качество возникает при композиции таких объектов, то эти образования стоит отнести к нанобъектам (наноматериалам), а технологии их получения и дальнейшую работу с ними - к нанотехнологиям». В этой связи, нанобъекты и наноматериалы на их основе, обладают уникальными, отличающимися от классических, свойствами.

Начиная с 50-х годов XX века, нанонаука возникла из физики, химии и биологии, которые в дальнейшем усложнились и развивались, способствуя возникновению новых областей знания: электроника, биология клетки, микроэлектроника, нанoeлектроника, молекулярная биология и т.д. Поэтому к 2050 г. все знания о наноматериалах разной природы объединятся в нанонауку.

Сегодня известен широкий спектр современных нанобъектов и наноматериалов.

Одним из последних открытий является графен – слой атомов углеро-

да, соединенных в гексагональную двумерную кристаллическую решетку (плоскость графита, отделенного от объемного кристалла), который обладает высокой тепло- и электропроводностью, жесткостью. Это будущее наноэлектроники!

Наноавтомобиль - это нанообъект, представляющий собой органическую молекулу, состоящую из 300 атомов трех химических элементов (кислород, углерод, водород), передвигающийся под действием температуры или света по поверхности золота, нагреваемого до 200 градусов Цельсия. «Колеса наноавтомобиля – молекулы фуллерена, связанные химическими связями с каркасом машины, с помощью которых возможно доставлять жизненно важные лекарства к отдельным раковым (больным) клеткам.

К наноматериалам относится углеродная нанотрубка, являющаяся нитью и состоящая из углеродной каркасной структуры цилиндрической формы диаметром до единиц нм (что в 50 – 100 тыс. раз тоньше человеческого волоса) и длиной, много большей диаметра. Нанотрубки прочнее стали в 50 – 100 раз, плотность меньше в 6 раз, нить из нанотрубок диаметром 1 мм может выдержать груз в 20 тонн, что в миллиарды раз больше ее собственной массы!

К нанообъектам относится наночип, который является функциональной системой с наномасштабными особенностями, формируемой на подложке. Наночипы используются для преобразования или передачи энергии, в электронной начинке навигационных систем ГЛОНАСС/GPS и биометрических паспортов, промышленной электронике, банковских и социальных картах, SIM-картах.

Если самым обычным клеем смазать и затем соединить между собой две поверхности, то они слипнутся. Этот эффект из нанотехнологий подсказала природа: при создании материалов на основе углеродных нанотрубок, имитирующих поверхность лапок геккона – рептилии, которая может бегать по потолку или висеть вниз головой, прицепившись к ветке дерева всего лишь одним пальцем! Кончики пальцев геккона покрыты миллионами микроскопических щеточек, состоящих из крошечных эластичных волосков, притягивающихся к поверхности.

Интересным явлением из нанотехнологий является эффект лотоса. Это явление самоочистки листьев и цветов некоторых растений, которое основано на особом наноструктурированном строении их поверхности. Следует отметить, что способность к самоочищению относится не только к неорганическим загрязнениям (пыль, сажа), но и к загрязнениям биологическим (водоросли, микроорганизмы, споры, бактерии и пр.).

Наноматериалы и нанотехнологии – это новая сфера для работы ученых, производителей и простых потребителей. Наноматериалы обладают лучшими свойствами, чем обычные материалы с микро- или макроструктурой, и могут применяться в различных областях нанонауки и сферах нанопромышленности (наноэлектроника, наномедицина и т.д.).

Наноматериалы – в основном полезные и нужные вещи и нанотехно-



логии – перспективная область, которая может улучшить жизнь многих людей. Поэтому профиль подготовки «Наноматериалы и нанотехнологии» в СибГИУ является важным для Кузбасса и для России в целом.

УДК 53.098

## **МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ ПРИ НАВОДОРОЖИВАНИИ**

**Косинов Д.А., Комиссарова И.А., Бондаренко К.Ю., Мартусевич Е.А.  
Научный руководитель: д.т.н., доцент Коновалов С.В.**

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

Выполнено электронно-микроскопическое исследование изменения структуры и фазового состава стали Ст.1кп после наводороживания. Показано, что насыщение стали водородом, приводит к увеличению скалярной плотности дислокаций и дислокаций, сосредоточенных в субграницах; формированию внутренних полей напряжений, что способствует образованию микротрещин в процессе приготовления тонких фольг; увеличению количества концентраторов напряжений; выделению наноразмерных включений второй фазы.

Ключевые слова: сталь Ст.1кп, наводороживание, структура, фазовый состав.

В качестве материала исследования использовали конструкционную сталь марки Ст.1кп (0,06-0,12С; до 0,05Si; 0,25-0,5Mn; до 0,05S; до 0,04P; остальное Fe, вес. %). Заготовки стали Ст.1кп подвергались прокатке для получения плоских образцов. Как и в [1-3] электролитическое насыщение водородом подготовленных образцов осуществляли в термостатической трех-электродной электрохимической ячейке при температуре 323 К в течение 24 часов с предварительной продувкой азотом. Исследования фазового состава и дефектной субструктуры образцов стали осуществляли методами дифракционной электронной микроскопии (прибор ЭМ-125).

В результате предварительной обработки в стали Ст.1кп была сформирована поликристаллическая структура на основе  $\alpha$ -фазы (твердый раствор с ОЦК кристаллической решеткой). Зерна  $\alpha$ -фазы фрагментированы, т.е. разбиты на области неравноосной формы (поперечные размеры 0,34 мкм; продольные 0,76 мкм) с малым углом разориентации.

В объеме фрагментов наблюдается дислокационная субструктура (ДСС); дислокации распределены хаотически, либо формируют нерегулярную сетчатую субструктуру. Основным типом дислокационной субструктуры является сетчатая; относительная площадь материала, занятая данным типом ДСС,  $\sim 0,86$ , остальное – хаотически распределенные дислокации. Скалярная плотность дислокаций, усредненная по типам ДСС стали,  $\sim 3,0 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ .

Наводороживание стали, выполненное при температуре 323 К в течение 24 часов не привело к кардинальным изменениям структуры стали. Как и в исходном состоянии, после наводороживания объем зерен фрагментирован. Фрагменты имеют исключительно неравноосную форму со средними размерами (поперечные 0,28 мкм; продольные 0,8 мкм), близкими к размерам фрагментов исходного состояния и подобными распределениями фрагментов по размерам.

В объеме фрагментов выявляется ДСС преимущественно сетчатого типа; скалярная плотность дислокаций ( $\sim 3,5 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ ) близка к скалярной плотности дислокаций исходного состояния.

Наводороживание приводит к структурным преобразованиям стали, результатом которых являются микротрещины, обнаруживаемые при электронно-микроскопических исследованиях тонких фольг. Как правило, микротрещины располагаются вдоль границ зерен, гораздо реже – вдоль границ фрагментов. Область материала, содержащая микротрещину, характеризуется высокой плотностью изгибных экстинкционных контуров. Если в структуре исходной стали количество изгибных экстинкционных контуров на единицу площади изображения структуры материала (микрофотографии) составляла  $\sim 1,2 \times 10^5 \text{ мм}^{-2}$ , то после наводороживания –  $\sim 3,8 \times 10^5 \text{ мм}^{-2}$ . Следовательно, наводороживание стали приводит к многократному (более чем в 3 раза) увеличению плотности концентраторов напряжений, что должно существенным образом снизить пластические свойства материала.

Наводорожение стали сопровождается изменением ее фазового состава. Выделения второй фазы обнаруживаются вдоль границ зерен, что способствует их активному растравливанию в процессе приготовления тонких фольг. Наноразмерные выделения второй фазы выявляются также в объеме зерен и вдоль границ фрагментов. Частицы второй фазы имеют округлую форму, размеры частиц изменяются в пределах 5...10 нм.

Количественные характеристики структуры стали марки Ст.1кп в исходном состоянии и после наводороживания представлены в таблицах 1 и 2. Анализируя приведенные в них результаты количественных исследований, можно выделить роль термического воздействия и собственно наводороживания на структуру стали.

Определяющую роль термического воздействия на субструктуру стали можно усмотреть лишь в разрушении фрагментированной субструктуры, что отразилось в снижении доли материала, занятого фрагментами со 100% в исходном состоянии до 88% - после наводороживания (таблица 2). Средние размеры фрагментов при этом изменились незначительно (таблица 1). Определяющую роль процесса наводороживания в изменении субструктуры материала можно усмотреть, во-первых, в увеличении скалярной плотности дислокаций (таблица 1) и эволюции дислокационной субструктуры, отразившейся в увеличении доли материала, занятого сетчатой субструктурой (таблица 2); во-вторых, в кратном увеличении плотности концентраторов

внутренних напряжений (таблица 1); в-третьих, в увеличении угла разориентации фрагментированной субструктуры (таблица 1), что может соответствовать увеличению плотности дислокаций, сосредоточенных в субграницах.

Таблица 1 - Количественные характеристики субструктуры стали в исходном состоянии (состояние 1) и последующего наводороживания (состояние 2)

Состояние	фрагменты, мкм		$\langle \rho \rangle$ , $10^{10}$ , см <sup>-2</sup>	контуры		$\Delta\alpha$ , град.
	H	L		h, нм	$\eta$ , $10^5$ , мм <sup>-2</sup>	
1	0,343±0,18	0,76±0,29	2,95	157,6	1,2	4,57
2	0,28±0,11	0,8±0,36	3,45	157,1	3,8	6,5

Таблица 2 - Объемные доли дислокационных субструктур в стали в исходном состоянии (состояние 1) и последующего наводороживания (состояние 2)

Состояние	Субструктура, %		ДСС, %	
	Без фрагментов	Анизотропные фрагменты	хаотическая	сетчатая
1	0	100	14,3	85,7
2	12	88	8,5	91,5

Таким образом, выполненные электронно-микроскопические микродифракционные исследования показали, что насыщение стали марки Ст.1кп водородом приводит к увеличению скалярной плотности дислокаций и дислокаций, сосредоточенных в субграницах; формированию внутренних полей напряжений, что способствует образованию микротрещин в процессе приготовления тонких фольг; увеличению количества концентраторов напряжений; выделению наноразмерных включений второй фазы.

#### Библиографический список

1. Косинов Д.А., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В., Дербичева Н.С. Эволюция структуры и фазового состава низкоуглеродистой стали при наводороживании // Наноинженерия. – 2013. – №8. – С. 12 – 14.
2. Иванов Ю.Ф., Никоненко Е.Л., Баранникова С.А., Косинов Д.А., Громов В.Е., Коновалов С.В. Исследование механических свойств и структуры полос локализации пластической деформации горячекатаной низкоуглеродистой рулонной стали // Деформация и разрушение материалов. – 2014. – № 1. – С. 37 – 40.
3. Косинов Д.А., Коновалов С.В., Комиссарова И.А., Дербичева Н.С., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф. Роль наводороживания в эволюции структуры низкоуглеродистой стали // Сборник тезисов докладов VII Всероссийской научно-технической конференции «Физические свойства металлов и сплавов» ФСМиС-VII. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – С. 144 – 145.

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МЕДНЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ В УСЛОВИЯХ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

**Комиссарова И.А., Бондаренко К.Ю., Загуляев Д.В., Мартусевич Е.А.**

**Научный руководитель: д.т.н., доцент Коновалов С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, konovalov@physics.sibsiu.ru*

Методами сканирующей электронной микроскопии проведены исследования поверхности разрушения меди при ползучести в условиях воздействия магнитного поля 0,35 Тл. Установлено качественное подобие морфологии поверхности разрушения, формирующейся в экспериментах с присутствием магнитного поля и без него. Выявлено, что воздействие магнитного поля в процессе деформации по режиму ползучести приводит к расширению интервала существования размеров ямок в волокнистой зоне и сужению – в радиальной зоне.

Ключевые слова: медь, магнитное поле, поверхность разрушения.

Целью работы являлся сравнительный анализ изменения характеристик поверхности разрушения медных образцов при ползучести во внешнем магнитном поле с индукцией 0,35 Тл и без него.

Исходную структуру материала получали прокаткой при комнатной температуре и отжига (2 часа при 700 °С) с последующим охлаждением в воде. Образцы испытывали на ползучесть при нагрузке 130 МПа до разрушения при температуре 300 К. Длина рабочей части образцов при испытаниях на ползучесть составляла 150 мм. При этом половина из них деформировалась в условиях внешнего магнитного поля с индукцией 0,35 Тл. Магнитное поле было направлено перпендикулярно оси растяжения. Исследования поверхности разрушения осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии с помощью прибора «SEM 515 Philips».

Независимо от условий, в которых проводились испытания на ползучесть, выявляются три зоны. Основную площадь поверхности разрушения занимает волокнистая зона, сформированная ямками разрушения, представляющими собой половину микропоры, через которую прошло разрушение. Радиальная зона и зона среза занимают меньшую часть поверхности разрушения.

Типичным элементом структуры поверхности разрушения испытанных образцов являются ямки разрушения. Вблизи ямок и на их внутренних поверхностях видны волнистые тонкие линии, что свидетельствует о том, что рост ямок происходит путем скольжения материала по многим действующим системам. Следовательно, независимо от методики испытания на ползучесть, поверхность разрушения технически чистой меди является вязкой с большой плотностью полос скольжения и глубокими ямками, свидетельст-

вующими о высокой локальной пластичности материала.

Следует отметить, что в наших экспериментах ямки отрыва наиболее отчетливо наблюдались на поверхности разрушения образцов меди, деформированных при ползучести в магнитном поле. Равноосные (квазиравноосные) ямки разрушения в исследуемых образцах наблюдались преимущественно в волокнистой зоне в центральной области излома. На ямках разрушения выделяются признаки деформации в виде серпантинного скольжения и волнистости, а также зоны вытяжки. Ямки разрушения с элементами вытяжки присутствуют преимущественно в образцах меди, разрушенной при наложении магнитного поля.

Результаты статистического анализа параметров структуры поверхности разрушения образцов меди представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные характеристики поверхности разрушения технически чистой меди

Режим испытаний	Тип зоны	$D_{\text{ср}}$ , мкм	$\sigma_{\text{ср}}$ , мкм
магнитное поле 0,35 Тл	волокнистая	1,73	2,1
	радиальная	1,56	1,1
	отрыва	1,35	1,46
без магнитного поля	волокнистая	1,82	1,68
	радиальная	1,38	1,33

Анализ результатов, приведенных в таблице 1, показал, что средний размер (диаметр) ямок вязкого разрушения меди при ползучести зависит от условий проведения эксперимента. А именно, при ползучести без наложения магнитного поля средний размер ямок вязкого излома в волокнистой зоне несколько больше, а в радиальной зоне несколько меньше, чем в соответствующих зонах образца меди, деформированного в условиях наложения магнитного поля. Наложение магнитного поля приводит к расширению интервала существования размеров ямок в волокнистой зоне и сужению – в радиальной зоне по отношению к образцу, разрушенному без наложения магнитного поля. Воздействие магнитного поля приводит к некоторому увеличению мест зарождения ямок вязкого излома (микропор) в зоне волокнистого излома и уменьшению мест зарождения ямок вязкого излома (микропор) в радиальной зоне при ползучести меди.

Полученные результаты могут косвенно свидетельствовать о том, что наложение магнитного поля оказывает влияние на эволюцию (скорость накопления и аннигиляции, механизмы зарождения и схему перестройки) дефектной субструктуры объема и приповерхностного слоя образцов при ползучести технически чистой меди по сравнению с ползучестью меди без магнитного поля.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-08-00506\_а).*

## СПЛАЙНЫ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ

**Никитина Е.В.**

**Научный руководитель: д. ф.-м. наук, профессор Литвин О.М.**

*Бердянский государственный педагогический университет,  
г. Бердянск, Mileena07@mail.ru*

Рассматривается аппарат приближения, свободный от недостатков многочленов и рациональных дробей – теория приближения сплайн-функциями. Краткое знакомство с интерполяционными сплайнами, которые обладают наилучшими аппроксимативными свойствами, обеспечивая минимально возможную при данной размерности погрешность.

Ключевые слова: аппроксимация, интерполяция, интерполяционные сплайны, многочлен, полиномиальный сплайн, сплайн-функция.

В математике и ее приложениях постоянно приходится иметь дело с приближенными представлениями функций. Классическими аппаратами таких представлений являются многочлены и рациональные дроби. Теория приближения функций многочленами была разработана в трудах П.Л. Чебышева, К. Вейерштрасса, С.Н. Бернштейна и др. Многочлены и рациональные дроби обладают рядом недостатков как аппарат приближения для функций с особенностями и для функций с не слишком большой гладкостью. Основной недостаток состоит в том, что их поведение в окрестности какой-либо точки определяет их поведение в целом. В связи с этим в последнее время усиленно разрабатываются другие аппараты приближения, свободные от этого недостатка. Одним из таких аппаратов, зарекомендовавших себя как в теоретических исследованиях, так и в приложениях, являются так называемые сплайны [2, С. 4-7].

Сплайнами называют функции, которые склеены из различных кусков многочленов по фиксированной системе. Простейший пример - ломаные. Сплайны естественно возникают в ряде механических задач. Например, форму сплайна имеет упругая балка с точечными нагрузками. Изучением балок такой формы занимался еще Леонардо да Винчи.

Среди сплайнов важнейшую роль играют полиномиальные сплайны, склеенные из кусков многочленов. Развитию таких сплайнов, а также их популяризации много содействовали труды И. Шенберга. Можно сказать, что полиномиальные сплайны постепенно вытесняют многочлены во многих прикладных задачах, связанных с приближением функций [1, С. 6-12].

Теория сплайнов и сплайн-аппроксимаций представляет собой весьма важный и интенсивно развивающийся раздел теории приближения функций. Как уже было сказано, во многих задачах сплайны являются более естественным аппаратом приближения, чем многочлены. К таким задачам относятся практически важные задачи интерполирования и сглаживания функций,

численного дифференцирования, численного интегрирования функций, а также численного интегрирования дифференциальных уравнений. В теоретических исследованиях сплайны появляются как решение различного рода вариационных задач теории приближений. Безусловно, у сплайнов большое будущее [3, С. 5-7].

Вторжение сплайнов в теорию приближения произошло именно через задачи интерполирования функций. Оказывается, интерполяционные сплайны не только предпочтительнее многочленов с точки зрения вычислительных удобств, но и в ряде ситуаций обладают наилучшими аппроксимативными свойствами, обеспечивая минимально возможную при данной размерности погрешность.

Понятие интерполяции функций является одной из современных математических теорий, имеющих важные приложения в различных отраслях теоретической и прикладной математики.

Ряд важных задач теории интерполяции впервые разрешен нашими соотечественниками С.Н. Бернштейном, М.В. Келдышем, А.О. Гельфондом, В.Л. Гончаровым и их учениками. В этом деле особенно велики заслуги А.О. Гельфонда, который свои труды посвятил решению ряда важных проблем данной теории.

В современном мире постоянное технологическое развитие аппаратного обеспечения требует создания и внедрения эффективных методов и моделей обработки данных. На сегодняшний день одним из таких методов является применение интерполяционных сплайнов, значительное внимание которым, в своих работах уделяют О.Н. Литвин, О.О. Литвин, А.В. Ткаченко и др. [2, С. 4-7].

В вычислительную математику и теорию приближений сплайны проникали постепенно, но, сразу же, заняли место, как бы заранее для них предназначенное [3, С. 8-13].

Однако классическая теория аппроксимации долгое время не видела в сплайнах аппарата приближения, который мог бы конкурировать с алгебраическими или тригонометрическими полиномами.

Ученые уже доказали, что в теории аппроксимации методы решения экстремальных задач, которые базируются на идее двойственности, на сплайнах работают не хуже, а иногда даже лучше, чем на многочленах.

Существуют многочисленные технические задачи (аппаратурная реализация функций, приближение функций преобразования термопреобразователей и др.), в которых приближающая функция не обязательно гладкая, иногда допускается ее разрывность – лишь бы погрешность приближения была достаточно мала. Приближения такого рода ранее в общем виде не изучалось.

Чтобы эффективно решать более широкий круг научных и технических задач, полезны равномерные приближения негладкими и неразрывными рациональными сплайнами.

Следовательно, мы убедились, что сплайн-функции в настоящее время

являются неотъемлемой частью вычислительной математики. Приближение функций необходимо в практических расчетах во многих областях и при проведении научных исследований.

#### Библиографический список

1. Гельфонд А.О. Об одной интерполяционной задаче / А.О. Гельфонд // ДАН. – 1952. – С. 429 – 432.
2. Литвин О.М. Інтерлінація функцій та деякі її застосування / О.М. Литвин. – Х.: Основа, 2002. – 544.
3. Стечкин С.Б. Сплайны в вычислительной математике / С.Б. Стечкин. – М. : Наука, 1976. – 248 с.

УДК 669.18:669.12:669.04

### **ОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ФАЗОВОГО СОСТАВА И ДЕФЕКТНОЙ СУБСТРУКТУРЫ В ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСАХ**

**Морозов К.В., Алсараева К.В., Невский С.А.**

**Научный руководитель: д.ф.-м. н, профессор Громов В.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, [alsaraeva\\_kv@physics.sibsiu.ru](mailto:alsaraeva_kv@physics.sibsiu.ru)*

Методами оптической и просвечивающей электронной микроскопии проведен послойный анализ структуры, фазового состава и дефектной субструктуры дифференцированно закаленных рельсов. Установлено, что объем материала, расположенного на выкружке головки рельса, охлаждается с более высокой скоростью по отношению к объему, расположенному вдоль центральной оси.

Ключевые слова: рельсы, закалка, структура, фазовый состав, дислокационная субструктура.

Экспериментальные исследования структурно-фазовых состояний, формирующихся в сечении рельсов при закалке, очень важны для понимания физической природы превращений, поскольку позволяют целенаправленно изменять эксплуатационные параметры [1-2]. Цель настоящей работы – анализ структуры, фазового состава и дефектной субструктуры рельсов ДТ350 из стали типа Э76ХФ, подвергнутых дифференцированной воздушной закалке. Исследования осуществляли методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) тонких фольг [3] в слоях, расположенных на поверхности катания и на расстоянии 2 мм и 10 мм от поверхности катания.

Микроструктура поверхностного слоя стали, представляет собой преимущественно мелкодисперсный тонкопластинчатый перлит. По границам зерен перлита выявляется структурно-свободный феррит в виде сетки (вблизи



поверхности в слое толщиной ~150 мкм) и в виде отдельных разрозненных вкраплений (на удалении от поверхности образца до ~300 мкм). С увеличением расстояния от поверхности закалки количество феррита и дисперсность перлитных колоний уменьшаются, а межпластинчатое расстояние увеличивается. На глубине 10 мм микроструктура стали представлена перлитом. Феррит наблюдается в виде редко расположенных по границам зерен вкраплений.

Анализируя результаты рентгенофазового исследования, можно отметить различия в состоянии стали вдоль центральной оси и на выкружке. А именно, в объеме материала на центральной оси относительное содержание цементита ниже, параметр решетки  $\alpha$ -Fe меньше, микронапряжения выше, размеры областей когерентного рассеяния меньше, чем у объема стали, расположенном на выкружке. В совокупности данные факты указывают на более высокую скорость охлаждения объема материала, расположенного на выкружке, по отношению к объему материала, расположенного вдоль центральной оси.

Методами ПЭМ установлено, что структура исследуемой стали, независимо от расстояния исследуемого слоя до поверхности катания, представлена зернами перлита пластинчатой морфологии (рисунок 1, а), зернами структурно свободного феррита (зернами феррита, не содержащими в объеме частиц карбидной фазы) (рисунок 1, б) и зернами феррита, в объеме которых наблюдаются частицы цементита (далее по тексту, зерна феррито-карбидной смеси) преимущественно в виде коротких пластинок (рисунок 1, г) и частиц глобулярной формы (рисунок 1, в). Как правило, объемы стали с частицами глобулярной формы и частицами в виде коротких пластинок наблюдаются раздельно, что позволило оценить их относительное содержание в материале, равное 1 : 10. Относительное содержание данных типов структуры зависит от глубины залегания исследуемых слоев и места расположения (по центральной оси или на выкружке).

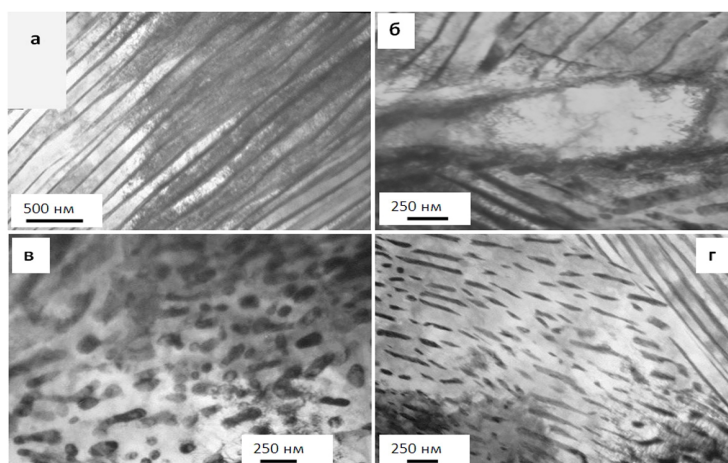


Рисунок 1 - ПЭМ изображения структуры рельсов, сформированных в результате дифференцированной закалки.

Просматривается некоторая закономерность в изменении структуры стали в зависимости от расположения анализируемого слоя. А именно, независимо от расстояния до поверхности катания на выкружке доля зерен пластинча-

того перлита ниже, а зерен феррито-карбидной смеси выше, чем на центральной оси. На глубине ~10 мм эти различия в структуре стали нивелируются.

Ферритная составляющая структуры стали (зерна структурно свободного феррита, ферритная составляющая зерен перлита и зерен феррито-карбидной смеси) дефектна. Методами ПЭМ выявлена дислокационная субструктура в виде хаотически распределенных дислокаций, сетчатая и фрагментированная дислокационная субструктуры. В феррите перлитных зерен наблюдаются лишь первые два типа дислокационной субструктуры (субструктура дислокационного хаоса и сетчатая дислокационная субструктура); фрагментированная дислокационная субструктура выявляется лишь в зернах структурно свободного феррита и в зернах феррито-карбидной смеси.

Скалярная плотность дислокаций в ферритной составляющей структуры исследованных образцов стали изменяется в пределах от  $3,2 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$  до  $6,0 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Максимального значения скалярная плотность дислокаций достигает вблизи глобулярных частиц карбидной фазы и составляет  $\sim 8 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . В зернах феррито-карбидной смеси величина скалярной плотности дислокаций несколько выше, чем в ферритной составляющей зерен перлита не зависимо от направления исследования и расстояния исследуемого слоя от поверхности образца.

Таким образом, методами современного физического материаловедения выполнены послойные исследования фазового состава и дефектной субструктуры рельсов ДТ-350, подвергнутых дифференцированной закалке, и выявлено формирование морфологически разнообразной структуры, представленной зернами перлита пластинчатой морфологии, зернами структурно свободного феррита и зернами феррито-карбидной смеси. Показано, что такая термическая обработка приводит к формированию градиентной структуры, что выражается в снижении относительного содержания зерен структурно свободного феррита, зерен феррито-карбидной смеси и зерен с глобулярными частицами цементита при увеличении расстояние от поверхности охлаждения. Выявлены факты, позволяющие высказать предположение о более высокой скорости охлаждения объема рельса, расположенного на выкружке, по сравнению с центральной частью головки рельса.

#### Библиографический список

1. Волков К.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Гришунин В.А. Повышение усталостной выносливости рельсовой стали электронно-пучковой обработкой. Новокузнецк: Изд-во «Интер-Кузбасс», 2013. 225с.

2. Волков К.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф. и др. Формирование структуры, фазового состава и тонкой субструктуры в дифференцированно закаленных рельсах // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2014. Т. 11. №1. с. 50-55.

3. Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.: Металлургия, 1973. 584 с.

## ВЛИЯНИЕ МОЛИБДЕНА КАК АКЦЕПТОРА ЭЛЕКТРОНОВ НА РОСТ ХЛОРАТ - ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Шкап А.В.

Научный руководитель: д.биол.н., профессор Карпов А.В.

Национальный университет пищевых технологий,  
г. Киев

Работа посвящена определению влияния молибдена как компонента сточных вод на рост хлорат восстанавливающих бактерий. Установлено, что такое влияние является штаммоспецифичным и индивидуальным для каждой культуры. Для *A. thermotoleranticus* С-1, молибден в концентрации 100 мг/л является фактором, который стимулирует рост культуры, способствует быстрому восстановлению кислородных соединений хлора, а для *A. dechloraticans* ТГС -463 концентрация молибдена не влияет на рост культуры.

Ключевые слова: молибден, хлораты, альтернативный акцептор электронов, биомасса.

Проблема очистки сточных вод от хлоратов на сегодняшний день является актуальной, так как данные вещества опасны для здоровья человека. Эти соединения не образуются естественным путем, а преимущественно поступают в среду со сточными водами промышленных предприятий, они взрывоопасны в сухом виде и чрезвычайно стойки в растворах [1].

Сточные воды, которые требуют очистки от хлоратов, часто содержат соединения тяжелых металлов. Некоторые из них могут служить альтернативными акцепторами электронов. Целесообразно изучить влияние  $Mo^{6+}$  на накопление биомассы хлорат восстанавливающих бактерий. Показано, что хлорат-редуцирующие бактерии на среде с молибдатом обуславливали его трансформацию, которая проявлялась в изменении окраски среды вследствие образования молибденовой сини, являющейся продуктом восстановления  $Mo^{6+}$ . Характер образования молибденовой сини, подобный росту хлорат - восстанавливающих бактерий на среде с хлоратами. То есть, образование сини начинается со дна пробирки и постепенно поднимается по направлению к резиновой пробке, что характерно для анаэробного роста.

Влияние различных концентраций  $Mo^{6+}$  на рост биомассы хлорат редуцирующих микроорганизмов *A. dechloraticans* ТГС -463 приведен на рисунке 1. Внесение молибдена, независимо от концентрации, привело к незначительному приросту биомассы. В конце эксперимента корреляции не наблюдалось, поэтому для *A. dechloraticans* ТГС -463 концентрация молибдена не влияет на рост культуры.

Влияние различных концентраций  $Mo^{6+}$  на рост биомассы хлорат редуцирующих бактерий *A. thermotoleranticus* С -1 представлен на рисунке 2. При внесении концентрации молибдена 50 мг/л, наблюдается стимуляция роста

культуры, которая длится до 96 часов, но конечный прирост биомассы остается на уровне контроля. При концентрации  $\text{Mo}^{6+}$  100 мг/л максимальный прирост был самым высоким и составил 0,2 единицы оптической плотности. При концентрации молибдена 300 мг/л, через 72 часа роста, наблюдали меньший прирост биомассы по сравнению с предыдущей концентрацией. Конечный рост культуры не превысил 0,18 единиц оптической плотности, следовательно, для *A. thermotoleranticus* C - 1, молибден в концентрации 100 мг/л является фактором, который стимулирует рост культуры, способствует быстрому восстановлению кислородных соединений хлора.

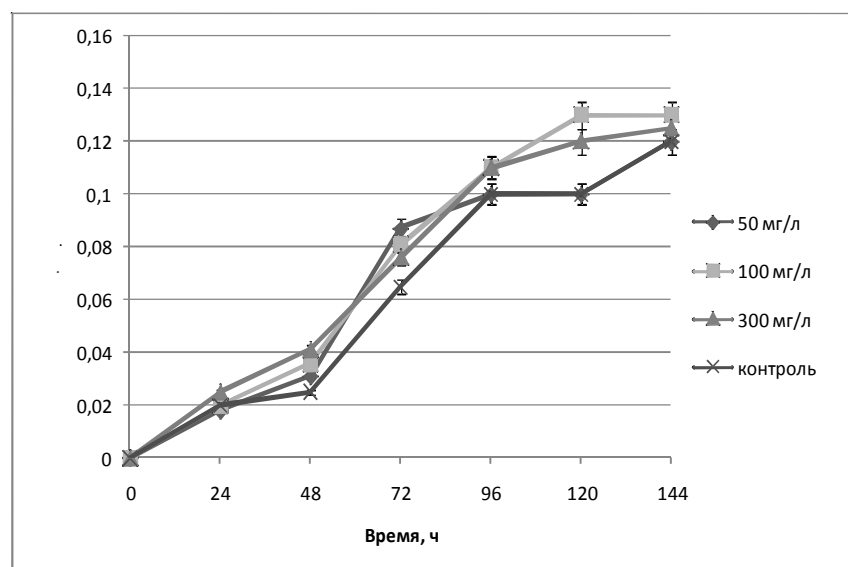


Рисунок 1 - Влияние различных концентраций  $\text{Mo}^{6+}$  на рост биомассы *A.dechloraticans* ТГС-463.

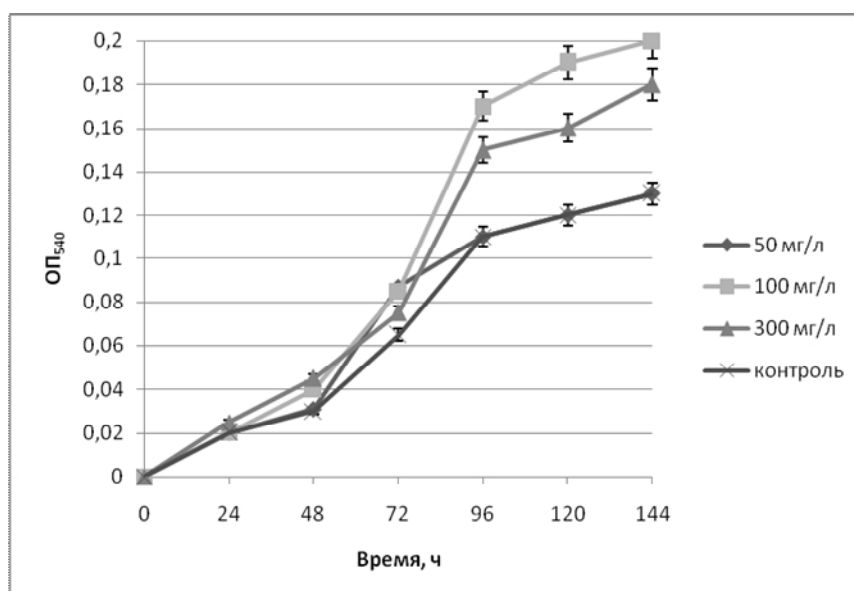


Рисунок 2 - Влияние различных концентраций  $\text{Mo}^{6+}$  на рост биомассы *A. thermotoleranticus* C-1

*Выводы:* Установлено, что наличие молибдена в среде оказывает штаммоспецифическое влияние на рост культуры. Для *A. thermotoleranticus* С - 1, молибден в концентрации 100 мг/л является фактором, который стимулирует рост культуры, способствует быстрому восстановлению кислородных соединений хлора, а для *A. dechloraticans* ТГС -463 концентрация молибдена не влияет на рост культуры.

#### Библиографический список

1. Смирнова Г.Ф. Особенности метаболизма бактерий, восстанавливающих хлораты и перхлораты // Мікробіологічний журнал.- 2010.- Т. 72, № 4.- С. 22-28.

УДК 544-97 : 669.046.58

### **ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДЕЙ КОНТАКТА МЕТАЛЛА С ГАЗОМ И ШЛАКОМ И УСЛОВИЙ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ МЕТАЛЛА СО ШЛАКОМ НА КИНЕТИКУ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

**Калинцева М.Е., Зенцова С.В., Шаповалов Д.Э.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Рыбалкин Е.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, svetozek@mail.ru*

Для кислородно-конвертного процесса разработана схема взаимодействия фаз и основы физико-химического описания гетерогенных металлургических процессов в реакторе идеального смешения.

Ключевые слова: реактор, схема взаимодействия, испарение жидкости, металл, реакционная зона, фаза.

Исследования показали, что характер взаимодействия струи газа с жидкостью зависит, в первую очередь, от величины динамического напора струи в месте ее встречи с ванной, конструкции фурмы и высотой подъема ее над ванной.

В различных исследованиях [1, 2] в качестве модифицирующих фаз использовали различные жидкости (воду, водные растворы, масло, ртуть, раствор гипосульфита жидкий чугун, сталь) и газы (кислород, диоксид углерода, аммиак, пар и другие).

При вдувании сверхзвуковой газовой струи в жидкость, наблюдаются следующие режимы взаимодействия:

- 1) открытая лунка со стабильной поверхностью;
- 2) открытая лунка с волнистой поверхностью и выносом брызг жидкости отраженным газовым потоком;
- 3) глубокое проникновение струи в жидкость с эжекцией последней.

Взаимодействие кислородной струи с металлом, в зависимости от давления кислорода и высоты фурмы, экспериментально подтвердило [3] факт увлечения металла в кислородную струю, дробление его и сжигание, преимущественно до FeO, вызывая вторичное окисление растворенных в нем элементов.

Баптизманский В.И. [4] расчетным путем определил глубину внедрения струи в металл и диаметр первичной реакционной зоны применительно к промышленным агрегатам. Форма реакционной зоны близка к параболоиду вращения. Общую поверхность соприкосновения газа с металлом в реакционной зоне можно оценить по среднему размеру капель металла и количеству жидкости в струе.

Размер капель металла в реакционной зоне  $1 \cdot 10^{-4}$  м, поверхность контакта фаз составляет  $37 \text{ м}^2/\text{м}^3$ . Величину площади контакта на всплывающих пузырьках оксида углерода ( $\text{CO}_2$ ). Эта величина оценивается  $\approx 18600 \text{ м}^2$ , что намного больше, чем поверхность кратера при продувке в 350 т конвертерах.

По мнению авторов [5], размер капель жидкого металла, вовлеченного в струю газа, при продувке ванны заглубленным соплом может быть рассчитан по формуле:

$$d_{\text{cp}} = \frac{585 \cdot 10^{-3}}{U_2} \cdot \left( \frac{\sigma}{\rho_1} \right)^{0,5} + 1,683 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{\mu_1}{\sqrt{\sigma \cdot \rho_1}} \right)^{0,45} \cdot (10^3 \cdot \zeta)^{1,5}, \quad (1)$$

где  $d_{\text{cp}}$  – средний объемно-поверхностный диаметр капель, м;  
 $\sigma$  – поверхностное натяжение, Н/м;  
 $\rho_1$  – плотность жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$  и вязкость.  $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$  жидкости;  
 $U_2$  – скорость газа, м/с;  
 $\zeta$  – отношение объема распыленной жидкости к объему газа, в свою очередь,

$$\zeta = \frac{\kappa}{U_2 \cdot d_c}, \quad (2)$$

где  $\kappa$  – коэффициент пропорциональности,  $\kappa = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Тогда поверхность жидкого металла в единице объема струи:

$$S = \frac{6\zeta}{d_{\text{cp}}} = \frac{45}{7d_c + 0,5(U_2 \cdot d_c)^{-0,5}}, \quad (3)$$

Для приближенных расчетов предложено выражение:

$$S = \frac{64}{d_c}. \quad (4)$$

Приближенно общую поверхность контакта шлака с металлом в конвертере можно описать, используя уравнение:

$$S_{\text{мшл.}} = \frac{3 \cdot V}{r_k}, \quad (5)$$

где  $S_{\text{мшл.}}$  – общий объем эмульгированного шлака;  
 $r_k$  – средний радиус капли шлака.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что общая поверхность контакта шлака с металлом в кислородном конвертере очень велика.

Известно, что при прочих равных условиях, скорость гетерогенных реакций прямо пропорциональна площади поверхности взаимодействия. Однако, во многих случаях, при кинетическом анализе сталеплавильных реакций эта их особенность упускается исследователями из виду. Чаще всего последнее обусловлено объективными причинами, а именно отсутствием данных о величинах поверхности взаимодействия.

Так в работе [6] поверхность раздела фаз, определенная по геометрическим размерам лунки на поверхности жидкости, связывается с критериями Рейнольдса и Вебера.

Нами был предложен другой, сравнительно простой и достаточно точный метод, определения поверхности по скорости испарения  $W_{\text{исп}}$  жидкости в струю газа. Этот метод холодного физико-химического моделирования позволил с достаточной точностью выявить условия, обеспечивающие полное смешение газовой фазы и сводящие диффузионные затруднения к минимуму.

Этот метод удовлетворяет следующим требованиям:

- простота экспериментального определения скорости испарения;
- возможность осуществления в течение длительного времени стационарного режима испарения в потоке несущего газа;
- как и многие металлургические реакции, относится к быстрым гетерогенным процессам.

Так в условиях кислородного конвертера скорость адсорбционно-химической стадии одной из наиболее быстрых реакций (окисление углерода) по данным [7] составляет  $\approx 5 \cdot 10^{-4}$  моль/см<sup>2</sup>·с.

Максимальная же скорость испарения жидкости:

$$W_{\text{исп}}^{\text{max}} = \alpha_{\text{max}} (2\pi \cdot MRT)^{-1/2} \cdot \rho_{\infty}, \quad (6)$$

при коэффициенте испарения  $\alpha_{\text{max}} = 1$  и температурах, близких к температуре кипения (т.е.  $\rho_{\infty} = 1$  атм.), может достигать (для воды) величины:

$$W_{\text{исп}}^{\text{max}} = 1(2 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 8,31 \cdot 10^7 \cdot 373 \cdot 18)^{-1/2} \cdot 9,8 \cdot 10^5 = 0,54 \text{ моль / см}^2 \cdot \text{с}.$$

И даже при  $\alpha = 0,05$ ,  $W_{\text{исп}} = 7,5 \cdot 10^{-4}$ . Известно, что для воды  $\alpha = 0,04$ .

Таким образом, скорость кинетических стадий на моделях выше, чем в сталеплавильных ваннах.

По мнению большинства исследователей, скорости окислительных гетерогенных реакций в условиях кислородно-конвертерного процесса объясняют сильным развитием межфазных поверхностей [7].

Таким образом, в результате анализа различных технологий и механизмов протекания процессов при получении металла показано, что в высокотемпературных средах за счет развитых поверхностей контакта фаз и гидродинамических режимов возможно достижение высоких скоростей реакций обезуглероживания, десульфурации и дефосфорации. Однако существующие технологии и применяемые схемы взаимодействия потоков не позволяют достичь желаемого результата, который можно получить за счет совместного использования теоретически и практически обоснованных методик, образующих совокупность частных критериев качества.

В соответствии с изложенным выше, основные задачи данного исследования сводятся к следующему:

1. Разработка схемы взаимодействия фаз и основы физико-химического описания гетерогенных металлургических процессов в реакторе идеального смешения.
2. Экспериментальное нахождение кинетических констант реакций обезуглероживания, десульфурации и дефосфорации.
3. Исследование процессов реагирования в газшлакометаллической эмульсии конвертерной ванны (разработать и внедрить технологические рекомендации по управлению конвертерной плавкой).

#### Библиографический список

1. Муратов А.М. Вязкость расплавов системы  $\text{SiO}_2$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{CaO}$  -  $\text{MgO}$  и влияние на нее серы / А.М. Муратов, Н.С. Куликов // Шлаковый режим доменных печей. – М.: Металлургия, 1967. – 185 с.
2. Кожеуров, В.А. Термодинамика металлургических шлаков / В.А. Кожеуров. – Свердловск: Металлургиздат, 1955. – 166 с.
3. Охотский В.Б. Изучение процесса взаимодействия кислородной струи с металлической ванной / В.Б. Охотский, А.Г. Чернятевич, К.С. Провирин // Изв. вуз. Черная металлургия. – 1972, № 6. – С. 57-60.
4. Баптизманский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса / В.И. Баптизманский. – М.: Металлургия, 1975. – 376 с.
5. Шакиров К.М., Рыбалкин Е.М., Шулина Ж.М. // ЖФК, Т. XLVII. – 1974 №4. – С. 1015-1016.
6. Shimado Michihido «Tetsu to hagane» J. «Iron and Steel Inst», Japan, 1971, 57, № 12. – S. 1764 – 1773.
7. Попель С.И. Физико-химические основы производства стали / С.И. Попель. – Изд-во Наука, 1971. – С. 13-18.



## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ И ИХ МЕСТО В ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ КОНВЕРТЕРНОГО ПЕРЕДЕЛА**

**Зенцова С.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Рыбалкин Е.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет*

*г. Новокузнецк, svetozek@mail.ru*

Предлагаемая модель окисления примесей отражает органическое единство, свойственное для сложных газожидкостных сталеплавильных систем. При этом модель не только даёт полное совпадение расчетных и фактических значений параметров процесса, но и передаёт большинство известных характерных особенностей процесса по ходу продувки.

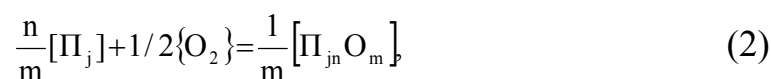
Ключевые слова: модель, процесс, структура, реакционная зона.

Обзор экспериментальных работ по кислородно-конвертерному переделу, а также полученные результаты экспериментов на установках физического высокотемпературного и низкотемпературного моделирования позволили обосновать механизмы протекания процессов и выделить основные реакционные зоны.

Предлагаемая модель окисления примесей отражает органическое единство явлений термодинамической, кинетической и гидродинамической природы, свойственное для сложных газожидкостных сталеплавильных систем и, на наш взгляд, является наиболее обоснованной в физико-химическом отношении. В модель заложен единый механизм последовательно-параллельного окисления примесей, кинетические константы которых определены экспериментально-статистическими методами и жестко не связаны с определёнными предположениями о режимах взаимодействия.

Структура модели позволяет практически без технических осложнений отразить распределённость параметров в пространстве путём выделения нескольких «реакторов» с различающимися параметрами состояния [1, 2]. Суммарную скорость окисления  $i$ -го элемента можно представить как алгебраическую сумму скоростей  $W_{ij}$  – в отдельных «реакторах». При этом образуется две зоны: первичная реакционная зона и зона основного объёма.

В реакционной зоне происходит первичное прямое окисление компонентов чугуна по реакциям:



где  $\Pi_j$  – j-й компонент чугуна. Кислород используется практически полностью в пределах первичной реакционной зоны на окисление железа и других примесей чугуна.

Скорости окисления элементов чугуна в результате взаимодействия в зоне контакта определяются уравнением

$$W_i = 10^{-2} \cdot \alpha_2 \cdot Q_2 \cdot [\Pi_j], \text{ кг/с} \quad (3)$$

где  $Q_2$  – расход чугуна, кг/с;

$\alpha_2$  – доля кислорода, которая взаимодействует с чугуном.

В качестве базовой при разработке математической модели основных процессов была выработана динамическая модель, предложенная ранее [3]. Эта модель дополнена нами кинетическими моделями удаления серы и фосфора, общая примесь  $\Pi_j$  расчленена на составляющие элементы (Si, Mn, P) с описанием поведения каждого кинетическим уравнением в соответствии с принятой схемой окисления. Поверхность взаимодействия металл-шлак определяли с помощью уточненного уравнения зависимости площади контакта от управляющих воздействий, полученного по результатам низкотемпературного моделирования. Кроме того, в модель включили уравнение, позволяющее определять высоту шлакометаллической эмульсии в ходе конверторной плавки.

Согласно принятой двухстадийной последовательно параллельной схеме окисления примесей, кинетическое уравнение реакций окисления можно представить в виде двух слагаемых [2, 4]:

$$W_i = W_{i1} + W_{i2}, \quad (4)$$

$$\text{где } W_{ij} = K_{i1} X_i \theta_O X_{OHq} \quad (5)$$

- скорость окисления i-той примеси в первичной реакционной зоне на поверхности металл-газ-окислитель;

$X_j$  – мольная доля примеси;

$X_{OH}$  – мольная доля кислорода в дутье;

$\theta_O$  – степень использования кислорода на поверхности газ–металл определяется скоростью адсорбции:

$$\theta_O = \frac{K_a S_{2-M}}{q + K_a S_{\Gamma-M}} = \frac{1}{1 + \frac{q \sigma M^{0,667}}{K_1 (q - q^2)^{0,667} e^{-13600/T}}}, \quad (6)$$

где  $K_1$  – коэффициент пропорциональности;

$q$  – объемный расход газа–окислителя;

$$K_{i1} = \frac{2}{v_i} \cdot \frac{P_{cm}}{RT_q} = \frac{2}{v_i} \cdot \frac{1,10^5}{8,31 \cdot 298} = \frac{80}{v_i}, \quad (7)$$

где  $i$  – стехиометрический коэффициент в оксиде  $iO_{vi}$ , образующем по реакции:



$i$  – примесь в металле (S, P, Mn C, Si).

Скорость косвенного окисления примеси на поверхности металл-шлак:

$$W_{i2} = K_{i2} \exp\left(-\frac{E_{i2}}{RT_{III}}\right) \cdot S_{M-III} ([i] - [i]^*)^{n_i} (FeO)^{n_{FeO}}. \quad (9)$$

где  $K_{i2}$  и  $K_{j2}$  - предэкспоненциальный множитель,

$E_{i2}$  - энергия активации;

$n_i$  и  $n_{FeO}$  - порядок реакции по компоненту  $i$  и по FeO;

$[i]$  и  $(i)^*$  - фактическая и равновесная со шлаком концентрация примеси,

$S_{M-III}$  - площадь поверхности металл-шлак.

Для построения модели окислительного рафинирования стали в кислородном конвертере рассмотрим представление о скоростях окисления углерода, начиная примерно с середины продувки. В этот период окисляется только углерод и железо. В связи в большой интенсивностью ассимиляции кислорода ванной и его практически полным использованием. Скорости реакции можно выразить кинетическими уравнениями типа балансовых:

$$W_C = W_{C1} + W_{C2} + W_{C3}, \quad (10)$$

$$\text{либо } W_{C1} = 2\alpha_C W_O, \quad W_{C2} = 2\alpha_{Fe} W_O, \quad (11)$$

где  $\alpha_C$  и  $\alpha_{Fe}$  – объемные доли кислорода, расходуемые на окисление соответственно углерода и железа;

$W_O$  – секундный расход кислорода, моль/с.

Скорость прямого окисления за счет кислородной струи,

$$W_{C2} = 1,2 \cdot 10^{-2} e^{-13600/T} \cdot \frac{W_{OH} \cdot X_C + 3 \cdot 10^{-3}}{W_{OH} \cdot X_C + 3 \cdot 10^{-5}} \cdot S \phi X_{O_2}, \quad (12)$$

где  $W_C$  выражена моль/с;

$W_{OH}$  – удельный поток кислорода на поверхность, моль/м<sup>2</sup>·с;

$X_{O_2}$  – молярная доля кислорода в реакционной ячейке;

$X_{C2}$  – молярная доля углерода.

Скорость окисления углерода за счет шлака в соответствии с механизмом прямого и косвенного окисления имеем:

$$W_{C2} = K_{C2} S_{M-III} \exp\left(-\frac{E_{C2}}{RT_{III}}\right) \cdot [(FeO) - (FeO)C^*]^{n_{FeO}}, \quad (13)$$

тогда  $W_{FeO} = -W_C$ ,

где  $2\alpha_0 W_0$  – суммарная скорость ассимиляции кислорода ванный.

Следовательно, концентрацию оксида железа в шлаке (FeO), равновесную с углеродом в металле, рассчитывали с учетом влияния температуры по формуле:

$$(\text{FeO})_{c^*} = \frac{1,35 \cdot 10^{-3}}{[\text{C}]} \exp\left(\frac{1800}{T}\right), \quad (14)$$

С учетом температурной зависимости константы равновесия:

$$\lg K = \frac{14840}{T} - 5,156 \quad (15)$$

Скорость объемного окисления с углерода учетом температурной зависимости можно описать кинетическим уравнением:

$$W_{\text{C3}} = K_{\text{O}e^{-2300/T}} \cdot \frac{C_c C_o}{\left(1 + \sum F_i C_i\right)}, \quad (16)$$

Или в общем случае скорость объемного окисления углерода:

$$W_{\text{C3}} = K_{3\text{exp}} \left( -\frac{E_{\text{C3}}}{RT_M} \right) \cdot \frac{[\text{C}]^2}{a + [\text{C}]^2}, \quad (17)$$

Суммарная скорость окисления углерода зависит от текущей концентрации FeO в шлаке. При этом предположим, что FeO образуется на поверхности S со скоростью:

$$W_{\text{FeO1}} = 2\alpha_a W_0 \quad (18)$$

и расходуется на поверхности S<sub>2</sub> со скоростью:

$$W_{\text{FeO2}} - W_{\text{C2}} = K_2 S_2^{\text{эКВ}} [\text{C}]^{n\text{C}} (\text{FeO})^{n\text{FeO}} \quad (19)$$

Данная модель показывает значительное соответствие моделей основных процессов фактическому ходу в промышленных конверторах. При этом модель не только дает полное совпадение расчетных и фактических значений параметров процесса, но и передает большинство известных характерных особенностей процесса по ходу продувки.

#### Библиографический список

1. Шакиров К.М. Обобщенные физико-химическая и математическая модели сталеплавильных процессов / К.М Шакиров., Е.М. Рыбалкин, С.П. Мочалов // Сб. МИС и С. Тепло- и массообмен в ваннах сталеплавильных агрегатов.– М.: Металлургия, 1986.– С. 14-18.

2. Шакиров К.М. Обобщенная схема взаимодействия фаз и математическая модель сталеплавильного процесса // Изв. вузов. черн. металлургия. – 1984. №10.– С. 11.

3. Рыбалкин Е.М. Кинетика и термодинамика реакции  $[\text{C}] + (\text{FeO}) =$

{CO} + Fe при температурах сталеварения / Е.М. Рыбалкин, Р.С. Айзатулов, К.М. Шакиров // Современные процессы обезуглероживания и дегазации легированных сталей и сплавов.– Днепропетровск, 1981.– С. 8-14.

4. Цымбал В.П., Буинцев В.Н., Рыбалко Л.Г. и др. – Изв. черная металлургия – 1980. №10.– С. 116-122.

5. Шакиров К.М., Айзатулов Р.С., Рыбалкин Е.М., Мочалов С.П. Применение математической модели физико-химических процессов к совершенствованию технологий конвертерного производства стали / К.М. Шакиров, Р.С. Айзатулов, Е.М. Рыбалкин, С.П. Мочалов // VI Всесоюзное совещание-семинар по механике реагирующих сред. Междуреченск. Тезисы доклада, 1986.– С. 14-15.

## **II. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

УДК 622.235:622.274

### **ОБОСНОВАНИЕ ДИАМЕТРА ПАРАЛЛЕЛЬНО-СБЛИЖЕННЫХ СКВАЖИН ПРИ ОТБОЙКЕ РУДНОГО МАССИВА НА ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ ОАО «ЕВРАЗРУДА»**

**Саблев С.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Власкин Ю.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрен опыт и перспективы применения скважин повышенного диаметра на подземных рудниках ОАО «Евразруда».

Ключевые слова: скважина, глубина разработки, горное давление, буровой станок, расход ВВ.

В последние годы на подземных рудниках ОАО «Евразруда» в связи с увеличением глубины разработки и ростом горного давления отмечается все большее число потерь взрывных скважин, их отклонение от заданных направлений, что снижает эффективность взрывных работ при применении систем разработки с массовым обрушением.

С целью ликвидации вышеуказанных недостатков на рудниках были проведены промышленные испытания применения вертикальных концентрированных зарядов при отбойке руды в блоках [1], позволившие снизить удельный расход ВВ, затраты на бурение, на подготовительно-нарезные работы и снизить себестоимость 1 т руды по системе разработки.

В зарубежной практике на руднике Kiruna (Швеция) были разработаны конструкции станков Simba 269, обеспечивающие автоматическое бурение взрывных скважин диаметром 165 мм и позволяющие вести отбойку руды в блоке высотой 154 м [2, 3].

В настоящее время разработаны отечественные буровые станки СБУ-6 и БП-100 м, разработанные в ОАО «Кыштымское машиностроительное объединение» и в ЗАО «Машиностроительный холдинг», позволяющие бурить скважины диаметром 150 мм с дальнейшим расширением до 250 мм и глубиной до 100 м.

Промышленные испытания данных станков на шахте Абаканского и Таштагольского филиалов ОАО «Евразруда» позволили снизить расход ВВ на один метр скважины диаметром 250 мм до 49 кг вместо 68 кг на один метр пучка из восьми скважин диаметром 105 мм каждая и повысить производительность труда бурильщика на 30 %.

Проведенный укрупненный технико-экономический анализ с использованием методических указаний [4], представленный в таблице 1, показал эффективность отбойки рудного массива скважинами диаметром 250 мм и целесообразность дальнейшего совершенствования данного направления ведения буровзрывных работ на подземных рудниках ОАО «Евразруда».

Таблица 1 - Техничко-экономические показатели отбойки рудного массива при различном диаметре скважин

Наименование показателей	Показатели при отбойке массива скважинами диаметром, в мм		
	105	150	250
Количество отбитой руды, т	223802	223802	223802
Количество скважин в пучке	7	5	4
Общая длина скважин, м	14560	7800	6240
Выход руды с 1 м скважины, т/м	15,3	28,7	35,8
Суммарные затраты по отбойке руды в блоке, руб/т	85,15	79,57	69,82

#### Библиографический список

1. Байбородов Я.Н. Первый опыт применения вертикальных концентрированных зарядов при отбойке руды в блоках в условиях Абаканского рудника/ Научные руководители Ю.К. Власкин, В.В. Машуков // «Наука и молодежь: на пути в XXI век. Тезисы докладов научно-технической конференции студентов и аспирантов. Под общей редакцией С.М. Кулакова. СибГИУ – Новокузнецк, 1998.- Вып. 2.- С. 65-66.

2. By Hans Hanrim . Super Stopes at Kiruna / Mining Magazine – June. 1990.- P. 428-430.

3. Хемрин Г. Автоматическое бурение взрывных скважин станком Simba 269 на руднике Kiruna/ Горная промышленность.- 1995.- № 1.- С.44-48.

4. Шеховцов В.С. Расчет параметров процессов очистных работ и показателей извлечения при подземной добыче руд: учебное пособие / В.С. Шеховцов: изд. 2-е, перераб. и доп. СибГИУ.- Новокузнецк, 2009.- 115 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ПУЧЕНИЯ В ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ ЗА СЧЕТ ВЕДЕНИЯ ВБЛИЗИ НЕЕ ОЧИСТНЫХ РАБОТ**

**Хомякова А.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Никитина А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья посвящена исследованию характера проявления процесса пучения в горной выработке.

Ключевые слова: процесс пучения, концентрация, напряжения, горная выработка.

Процесс пучения пород почвы выработок очень непредсказуемое и негативное проявление горного давления. Последствия такого явления отрицательно сказываются на непрерывности ведения рабочих процессов, а также становятся причиной образования внеплановых простоев на участке.

Причины возникновения процесса пучения могут быть следующие:

- глубина разработки (с увеличением глубины разработки повышается горное давление, как следствие устойчивость контура выработок снижается);
- влияние грунтовых вод может привести к размоканию пород почвы, тем самым увеличением их в объеме и выдавливанию в выработку;
- применение устаревших и недолговечных мер по предотвращению процесса пучения (подрывка и поддирка пород, установка рудстоек и т.д.);
- не использование методов прогноза по состоянию пород почвы, может привести к внезапным проявлениям процесса пучения;
- интенсификация горных работ оказывает непосредственное влияние на напряжения вокруг выработки, находящейся в зоне влияния очистного забоя, тем самым увеличивается вероятность возникновения пучения в этой выработке.

Исследуя причины конвергенции горных выработок можно сказать, что проблема интенсивного пучения пород вызвана изменением напряженно-деформированного состояния массива в процессе ведения горных работ. С помощью математического моделирования методом конечных элементов эти изменения можно фиксировать, а затем установить закономерности распределения напряжений и смещений вблизи почвы выработки. Это поможет предупредить проявление такого процесса как пучение, тем самым обеспечить непрерывность ведения рабочего процесса [1].

Чтобы установить характер проявления процесса пучения, проведены исследования влияния убывающего целика на одиночную горную выработку.

Рассмотрен вариант проявления пучения в разрезной печи, находящейся на расстоянии 30 м, 20 м и 10 метров от очистного забоя (рисунок 1).



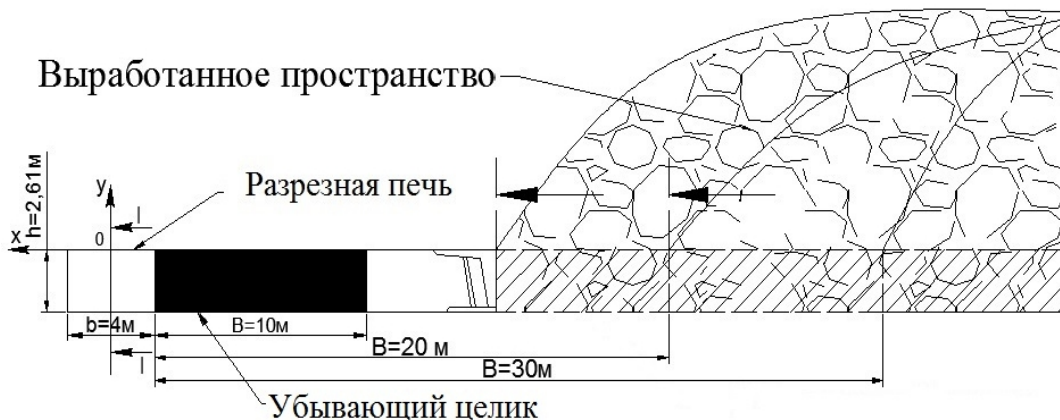


Рисунок 1 – Влияние убывающего целика на разрезную печь

В результате исследований выявлено, что при приближении очистного забоя к разрезной печи концентрация и значения напряжений вокруг последней увеличиваются. Наибольшие значения и концентрации вокруг выработки образовались при ширине целика 10 метров (рисунок 2).

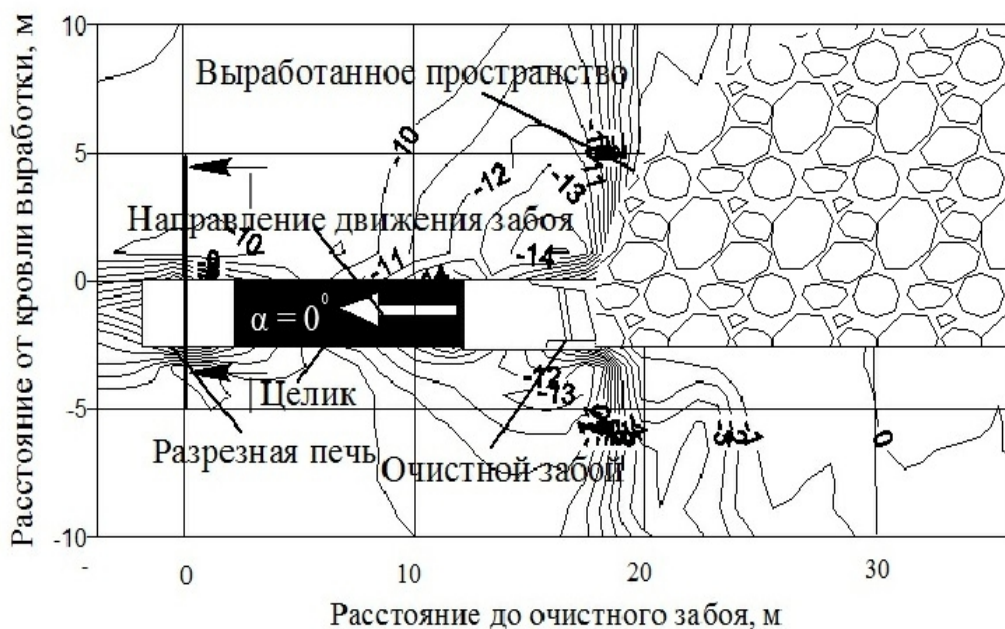


Рисунок 2 – Полные вертикальные напряжения при ширине целика 10 м

Наглядно увеличение значений напряжений видно на графике распределения полных вертикальных напряжений относительно расстояния от кровли выработки при ширине целика (В) 30 м, 20 м и 10 м (рисунок 3).

Такое же влияние интенсификация горных работ оказывает и на распределение дополнительных вертикальных смещений вокруг разрезной печи. По мере приближения очистного забоя к рассматриваемой выработке смещения вблизи ее почвы увеличиваются в 0,7 раза.

В ходе исследований выяснилось, что с увеличением угла падения пласта происходит увеличение концентраций и значений напряжений и смещений вокруг разрезной печи.

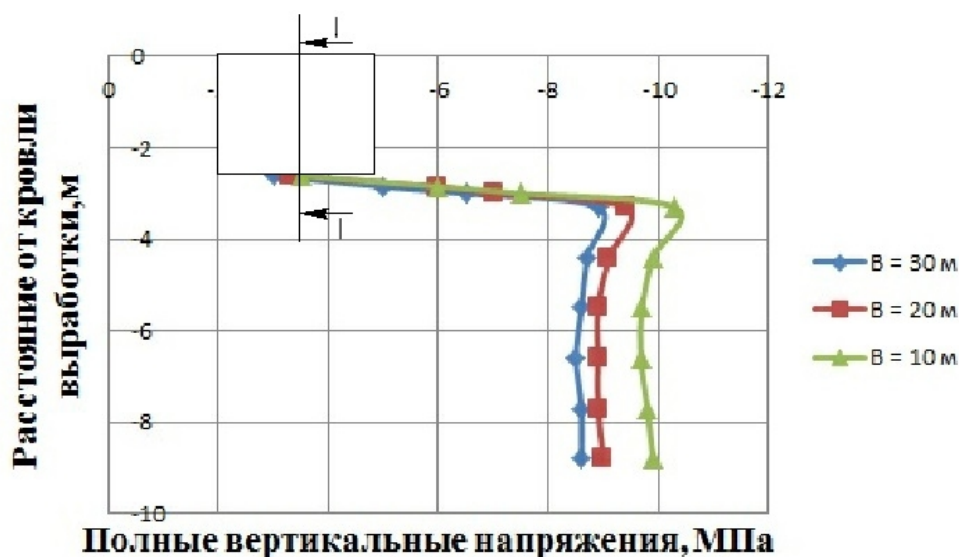


Рисунок 3 – Распределение полных вертикальных напряжений по оси выработки, при ширине целика 30 м, 20 м и 10 м

На рисунке 4 показано распределение полных вертикальных напряжений вокруг разрезной печи находящейся на расстоянии 10 метров от очистного забоя при угле падения пласта  $15^{\circ}$ .



Рисунок 4 – Распределение полных вертикальных напряжений при ширине целика 10 м и угле падения пласта  $\alpha=15^{\circ}$

На рисунке 5 также показано распределение полных вертикальных напряжений вокруг разрезной печи находящейся на расстоянии 10 метров от очистного забоя только угол падения пласта при этом составляет  $30^{\circ}$ .



Рисунок 5 – Распределение полных вертикальных напряжений при ширине целика 10 м и угле падения пласта  $\alpha=30^0$

Характер распределения полных вертикальных напряжений относительно угла падения пласта наглядно видно на графике рисунка 5.



Рисунок 5 - Распределение полных вертикальных напряжений по оси выработки при ширине целика 10 м относительно угла падения пласта

По данным графика можно сказать, что с увеличением угла падения пласта с  $0^0$  до  $30^0$  концентрация и значения напряжений вокруг разрезной печи увеличиваются в 2,5 раза.

Также исследования показали, что и дополнительные вертикальные смещения вблизи почвы разрезной печи росли пропорционально увеличению угла падения пласта.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно отметить, что при приближении очистного забоя к разрезной печи, как напряжения, так и смещения вокруг нее увеличиваются. Это происходит из-за неустойчивого проявления горного давления вблизи выработанного пространства,

что негативно влияет на распределение напряжений и смещений вокруг рассматриваемой выработки и как следствие возникновения в ней пучения пород.

Как видно разработанная методика позволяет осуществлять прогноз устойчивости пород почвы выработки, при приближении к ней очистного забоя и позволит заблаговременно использовать методы по уменьшению концентраций напряжений и смещений вокруг выработки. Применение такого метода прогнозирования даст возможность предупредить негативные проявления процесса пучения, а также обеспечит непрерывную работу производственного процесса.

#### Библиографический список

1. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике.- М.: Недра, 1987.- 221 с.
2. Никитина А.М. Геомеханическое обеспечение устойчивости подземных горных выработок в неоднородном углепородном массиве: монография [Текст]/ А.М. Никитина, В.Н. Фрянов; СибГИУ.- Новокузнецк, 2009.- 199 с.

УДК 622.271

### **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРО-ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ООО «СИБЭНЕРГОУГОЛЬ»**

**Скачков Р.Л., Малофеев Д.В, Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье обоснована необходимость применения системы автоматизированного проектирование буровзрывных работ в условиях горнодобывающего предприятия ООО «СибЭнергоуголь».

Ключевые слова: буровзрывные работы, проектирование, система автоматизированного проектирования буровзрывных работ (САПР БВР), программно-технический комплекс «Blast Maker».

Основным способом отбойки горных пород при добыче минеральных ресурсов на карьерах являются буровзрывные работы (БВР). Горнодобывающее предприятие ООО «СибЭнергоуголь» не является исключением.

Количество взрывчатого вещества рассчитывается главным образом исходя из крепости горных пород на одноосное сжатие и коэффициента структурного ослабления, результатом учета данных свойств является удельный расход взрывчатого вещества.

Коэффициент структурного ослабления определяется геологической

службой с периодичностью не чаще одного раза в год. Предел прочности на одноосное сжатие определяется специализированными организациями путем отбора и испытаний проб из кернов. Данная процедура, как правило, выполняется только в период освоения участка и предусматривает испытание пород только на небольших локальных участках. Вследствие чего рассчитываемый удельный расход Взрывчатого вещества не охватывает всю неоднородность прочностных свойств массива горных пород. Завышенный удельный расход является причиной высоких затрат на взрывчатые вещества.

Для нормализации удельного расхода взрывчатого вещества и повышения эффективности процесса подготовки горных пород к выемке необходимо выполнить анализ существующих технологий, повышающих эффективность управления процессом буровзрывных работ.

Эффективным способом получения сведений о свойствах массива является использование информации, полученной в процессе бурения взрывных скважин блока. Данный подход привлекателен, прежде всего, тем, что не нарушает существующего на карьере режима работ.

Проектирование взрывных блоков - это главное направление Программно-технического Комплекса «BlastMaker».

В основу данной системы автоматизированного проектирования буровзрывных работ (САПР БВР) положены (рисунок 1):

1. Автоматизированная Система сбора данных с буровых станков. В основу системы сбора данных с буровых станков положена методика определения прочностных характеристик массива по данным энергоемкости бурения.

2. Цифровая модель месторождения (ЦММ), физико-механическую, технологическую информацию о месторождении в дискретном трехмерном виде. Представляет собой динамическую базу данных, которая постоянно пополняется данными от бурового станка.

3. Подсистема проектирования БВР.

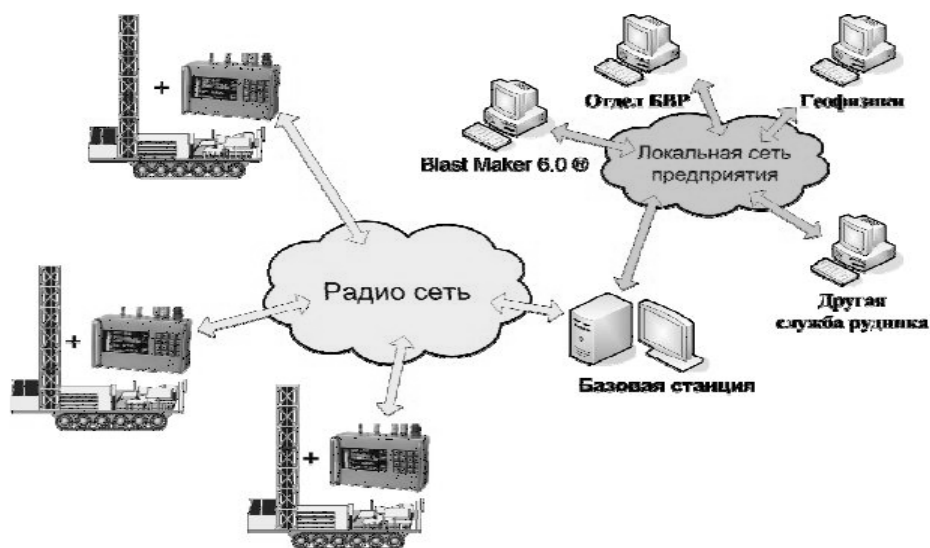


Рисунок 1 – Схема функционирования САПР БВР

Модуль предназначен для выполнения аналитических и графических работ, связанных с выпуском проектно-технической документации по производству буровзрывных работ на выбранном участке карьера.

Инженер-проектировщик, используя данную систему, может оперативно спрогнозировать результаты взрыва в соответствии с выбранными параметрами проекта. Прогноз наглядно представляется в виде трехмерного изображения. Можно удалять или добавлять новые скважины (в том и числе наклонные), изменить параметры ранее созданных (рисунок 2).

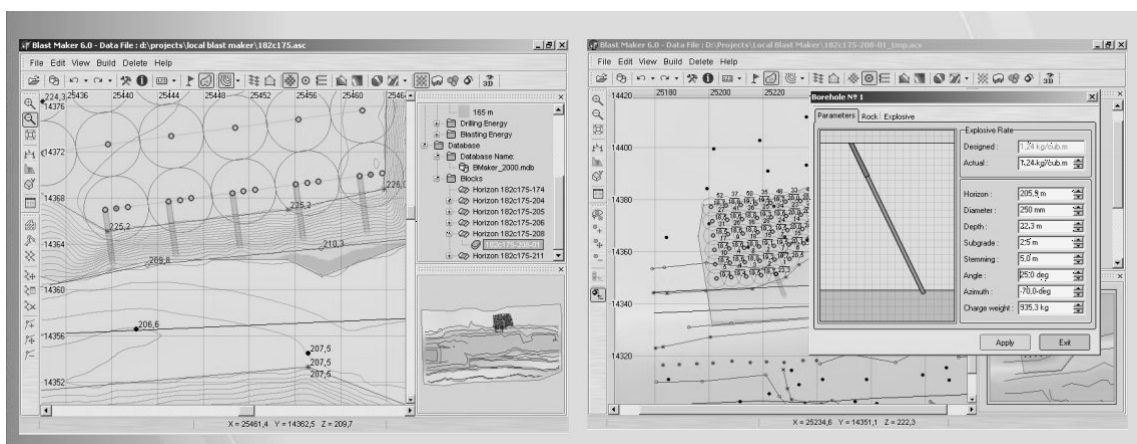


Рисунок 2 – Трехмерное изображение цифровой модели месторождения

В систему введены экономические расчеты, которые позволяют выбрать взрывчатое вещество и рациональную конструкцию заряда. В течение короткого времени проектировщик может рассмотреть различные варианты проекта на взрыв и выбрать оптимальный, соответствующий требованиям.

Подводя итог, стоит отметить, что программно-технический комплекс «Blast Maker» представляет собой наиболее полное решение задачи оптимального проектирования буровзрывных работ на карьерах горнодобывающих предприятий. Полномасштабное внедрение комплекса позволит не только значительно сократить затраты на БВР, но и повысить качество взрывных работ, а также оперативность управления оборудованием и процессами на карьере. Полнота информации обо всех ранее спроектированных и произведенных взрывах, о параметрах и режимах бурения всех пробуренных скважин предоставляет реальную возможность для адаптивного управления буровзрывными работами.

#### Библиографический список

1. Открытые горные работы в XXI веке. – Красноярск: ООО «НТЦ» «Горное дело», 2011.
2. Сорокин М.В. Материалы проекта строительства участка «Ананьинский Западный», ООО «Разрез Сибэнергоуголь»/М.В. Сорокин, Р.А. Кабанов [и др.].– Кемерово: «Сибгеопроект», 2011.
3. Способы подготовки горных пород к выемке: Лабораторный практикум / Сиб. гос. индустр. ун-т, сост.: В.В. Чаплыгин. - Новокузнецк, 2009.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА РАЗРЕЗЕ «ТАЛДИНСКИЙ»**

**Козлов Б.А., Малофеев Д.В., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье приводится обоснование применения горно-геологической информационной системы для маркшейдерского сопровождения горных работ на разрезе «Талдинский».

Ключевые слова: эффективность производства, интегрированная система организации производства, наземное лазерное сканирование.

Анализ состояния дел в организации горного производства на угольных карьерах показывает наличие упущенной выгоды в результате их работы в размерах 14-15 %. Причина потерь эффективности производства связана с отсутствием интегрированной системы организации производства, недостаточностью информационного и организационного обеспечения производственной деятельности, специалистов инженерно-технического персонала в процессе подготовки, сопровождения и принятия управленческих решений [1].

Талдинский угольный разрез располагается в центральной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса. Разрез является одним из крупнейших в регионе и в перспективном периоде, предусматривается наращивание производственной мощности до 14 млн. т. угля в год [2].

Для недопущения потерь эффективности на разрезах Кузбасса и в частности на разрезе Талдинский, необходимо применение интегрированной системы организации производства, отвечающей современным требованиям.

Целью исследования является совершенствование уточненного подсчета объемов горной массы, за счет внедрения современных методов сбора и обработки данных, которые позволят более точно и оперативно спланировать горные работы на ближайшие 5 лет с увеличением производственной мощности разреза, свести к минимуму затраты времени и ресурсов при составлении технической документации.

Для выполнения поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

1. Анализ существующих современных технологий оперативного сбора и обработки топографических данных.
2. Обосновать структуру и средства современных методов сбора и обработки топографо-геодезических данных.
3. Обоснование экономической эффективности проектного решения.

В настоящее время практически все крупные горнодобывающие орга-

низации используют при обработке первичных данных по запасам полезных ископаемых компьютерные программы. Фирмы-производители программного обеспечения постоянно совершенствуют свою продукцию, например, включая в свои разработки технологию космической навигации GPS.

Современные требования к качеству и оперативности в горной промышленности включают применение высокоэффективных технологий на всех стадиях создания проекта. Эти требования определяются следующими ключевыми моментами:

- необходимостью быстрой детальной проработки с технической, экономической и экологической оценкой;
- организацией сквозной технологии инженерных изысканий и проектирования на основе единого набора данных для всех разделов проекта.

Удовлетворение этих требований достигается на основе цифрового моделирования как в системах обработки материалов инженерных изысканий, так и в системах автоматизированного проектирования.

Принцип функционирования лазерного локатора авиационного базирования показан на рисунке 1. В качестве излучателя используется полупроводниковый лазер, ближнего инфракрасного диапазона, работающий в импульсном режиме. В каждом элементарном измерении в процессе сканирования регистрируются наклонная дальность до точки отражения и значение угла, определяющего направление распространения зондирующего луча в системе координат локатора.

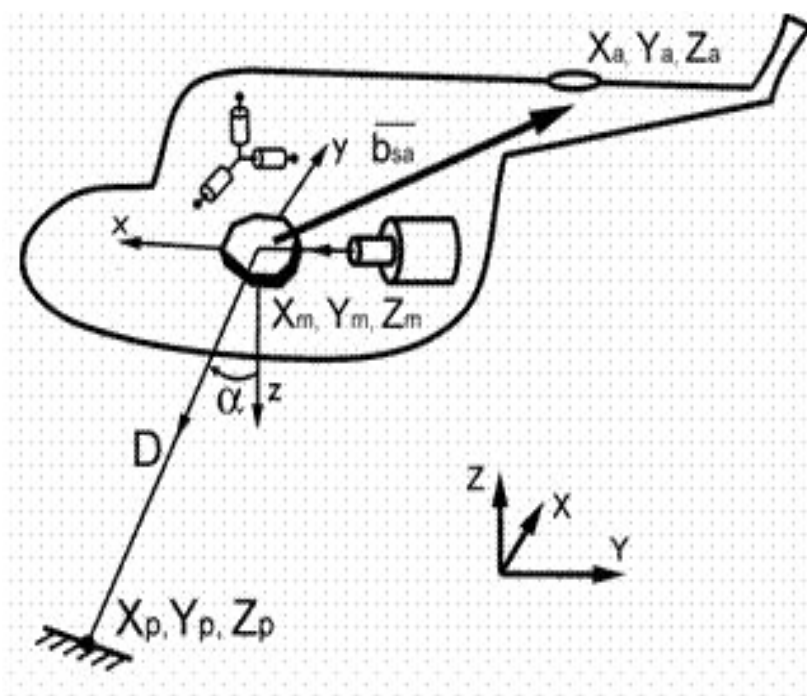


Рисунок 1 - Принцип работы лазерного локатора авиационного базирования

Наземное лазерное сканирование (НЛС) является самостоятельным направлением топографо-геодезических работ и построено практически на тех же принципах производства измерений, что и воздушное лазерное ска-



нирование. НЛС позволяет обеспечить большую плотность и точность точек лазерных отражений и, следовательно, более высокий уровень детализации съемки. НЛС является прекрасным дополнением воздушному, т.к. позволяет выполнить съемку фрагментов сооружений, недоступных лазерному локатору авиационного базирования

Для целей развития горного производства, предлагается система следующего состава:

1. Беспроводная сеть, покрывающая всю поверхность предприятия. Это возможно сделать с применением Wi-Fi антенны беспроводного доступа в Интернет, со скоростью не ниже 1000Мбит/сек. Данная сеть сможет обеспечить передачу технической информации с основных элементов.

2. Установка на все основные машины и механизмы непрерывных сканирующих модулей связанных с помощью системы GPS или других видов позиционирования с общей системой координат цифровой модели разреза.

3. Непрерывное сканирование поверхности разреза. Записывается и передается через Wi-Fi лишь та информация, которой нет в цифровой модели разреза.

4. Работа горного мастера сводиться к анализу информации из каждого забоя и правильной выдаче оперативных нарядов с любой точки участка, по средствам беспроводной сети, обеспечивающей коммутацию в единый узел всего горно-транспортного комплекса.

5. Руководящий персонал получит возможность контролировать работу удаленно и выдавать наряды по состоянию работ на момент запроса данных.

Данная система позволит собирать статистические данные по работе каждого забоя, экскаватора, автосамосвала и т.п. в отдельности и вместе в каждой конкретной смене и организовывать работу комплексов, оптимизируя параметры каждой составных его частей

В настоящее время, на разрезе «Талдинский» аэрофотосъемка осуществляется сторонней организацией. В год на услуги аэрофотосъемки тратится 15 млн. руб. Если отказаться от услуг сторонней организации по сканированию разреза и приобрести лазерный локатор авиационного и наземного базирования, разделив выплату равными долями, которые будут равны сумме затраченных средств на услуги аэрофотосъемки, то данный комплекс окупится за 3 года.

Так же в результате приобретения данного комплекса достигается снижение себестоимости на 26руб 80 коп.

#### Библиографический список

1. Открытые горные работы в XXI веке.- Красноярск: ООО «НТЦ» «Горное дело», 2011.

2. Проект технического перевооружения горных работ I очереди разреза «Талдинский» с увеличением проектной мощности до 14 млн. тонн угля в год.- Новосибирск: Гипроуголь, 2011.

## **СНИЖЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ РАЗРЕЗА «ТАЛДИНСКИЙ» НА ОХРАНЯЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ**

**Анорин Р.В., Малофеев Д.В., Матвеев А.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья посвящена сейсмическим колебаниям земной поверхности при промышленных взрывах.

Ключевые слова: взрыв, сейсмические колебания, система взрывания.

В современных условиях объем взрывчатого вещества, взрываемого за один массовый взрыв, может достигать тысячи тонн. Непосредственное их проведение несет за собой как ряд положительных технических решений и задач, так и ряд негативных последствий. К вредным воздействиям относят не только разлет осколков горных пород, выброс вредных химических газообразных веществ, но и ударную воздушную волну, сейсмическое воздействие. Сейсмическое воздействие крупных промышленных взрывов является наиболее значимым эффектом массовых взрывов.

Талдинский угольный разрез в настоящее время наращивает производственную мощность согласно проекту до 14 млн. тонн, при этом достижение такой мощности напрямую связано с введением в эксплуатацию добычного участка «Южный-73».

Данный участок находится в 5-6 км от населённых пунктов Большая Талда и Малая Талда, которые подвергаются сейсмическому воздействию.

Цель исследования сводится к разработке и обоснованию комплекса технологических решений по снижению сейсмичности в условиях Талдинского угольного разреза.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Изучение теоретических основ сейсмических колебаний земной поверхности от массовых взрывов.
2. Анализ и систематизация технологических и конструктивных факторов БВР, влияющих на сейсмический эффект взрывных работ.
3. Разработка и обоснование технологических решений для снижения сейсмичности массовых взрывов.

Сейсмические колебания земной поверхности при промышленных взрывах определяются продольными, поперечными и поверхностными волнами. Вблизи источника взрыва колебания определяются объемными волнами, а характер движения грунта определяются параметрами взрыва. Сейсмические колебания, возникающие при проведении промышленных взрывов,

подчиняются общим законам, описывающим возникновение и распространение сейсмических волн в земной коре. Интенсивность сейсмических колебаний главным образом зависит от массы заряда и расстояния до места взрыва. Но если уменьшить массу взрываемых блоков, то произойдет понижение эффективности взрывных работ.

Для сохранения блоков большой массы предлагается применение детонаторов с электронным замедлением (рисунок 1) и новой системы взрывания, что позволяет снизить сейсмическое воздействие взрыва на охраняемые объекты т.е. энергию взрыва направить, прежде всего, на дробление горной массы, а не на увеличение действия сейсмической волны.

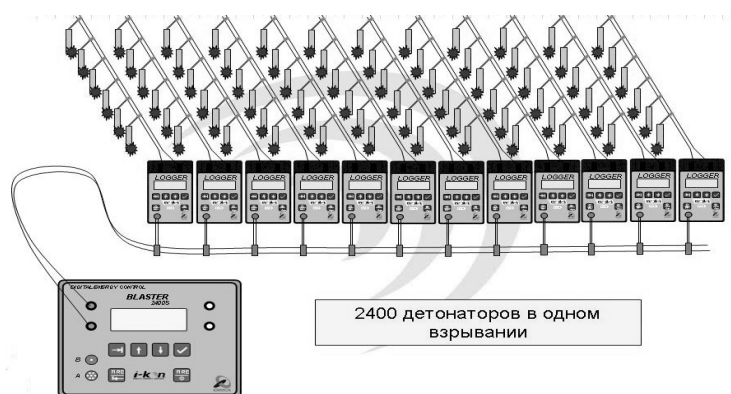


Рисунок 1 - Схема зарядки блока

Основная идея разработки на базе внедрения новой системы инициирования, позволяющей комплексно применять многоточечное инициирование, заключается в разработке инструментария регулирования дробящего эффекта взрыва, позволяющего снизить себестоимость взрывных работ.

Применение электродетонаторов с электронным замедлением и новой системы взрывания позволит снизить сейсмическое воздействие взрыва на охраняемые объекты; ограничить разлёт отдельных кусков породы в опасных направлениях; улучшить качество дробления; обеспечить управление взрывом и прогнозирование его результатов; применять любые схемы монтажа взрывной сети в зависимости от условий взрывания; при точном задании последовательности взрывания - повысить эффективность использования взрывчатых материалов, улучшить степень дробления породы, повысить безопасность ведения взрывных работ.

#### Библиографический список

1. Проект технического перевооружения горных работ I очереди разреза «Талдинский» с увеличением проектной мощности до 14 млн. тонн угля в год.- Новосибирск: Гипроуголь.- 2011.

2. Гришин А.Н. Применение программируемой электронной системы взрывания на карьерах строительных материалов [текст]/ А.Н. Гришин// Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, М.-2007.- №6.- С. 45.

## **ЛИКВИДАЦИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ**

**Колдина А.Н., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика ликвидации оползневых явлений на открытых горных работах.

Ключевые слова: оползень, карьер.

Возникновение оползней при выемке горных пород относится к инженерно-геологическим процессам, которые возникают при нарушении устойчивости бортов карьерной выемки.

На угольных месторождениях прогнозирование устойчивости значительно затруднено. Угольные месторождения имеют большое разнообразие геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий, осложненных наличием слоистых структур и сильной тектонической нарушенности. Сочетания нарушений и аномально залегания слоев в зоне тектонических процессов трудно прогнозируемы на стадии проектирования параметров карьера, обеспечивающих достаточную надежность и исключающих проявление оползневых явлений.

При возникновении оползневых явлений необходимо проводить мероприятия по их ликвидации. Работа по ликвидации оползневых явлений предусматривает комплекс технологических мероприятий по приведению бортов участка открытых горных работах в устойчивое положение, а также попутную отработку запасов полезных ископаемых.

При наличии нагрузки на бортах карьерной выемки необходимо провести мероприятия по его разгрузке. Нагрузка возникает из-за отсутствия системы «борт-отвал», то есть из-за нарушения (увеличения) результирующих углов выемки и несоблюдения (уменьшения) расстояния между карьерной выемкой и внешними отвалами.

Для ликвидации оползневых явлений следует провести следующие мероприятия:

- необходимо осуществить перенос части существующих навалов (снятие нагрузки с бортов карьерной выемки);
- провести транспортные коммуникации до каждой опасной зоны;
- выложить борта и откосы уступов, приведя их в безопасное положение.

Для обеспечения устойчивости бортов и уступов:

- предусматривается заоткоска уступов (до рекомендованных значений устойчивости углов), особенно на предельном контуре, чтобы предот-

вратить осыпи и обрушение породы на бермах, под воздействием агентов выветривания, которая будет препятствовать стоку поверхностных вод к водосборнику, создавая оползнеопасную ситуацию;

- не допускается подрезка горными работами поверхностей ослабления (различных трещин большой протяженности, а возможно и не выявленных участков с таким залеганием слоев);

- не допускается скопления дождевых и талых вод в прибортовой полосе на расстоянии до 100-150 м от верхней бровки борта. Максимально исключается проникновение в породы борта дождевых, талых и других вод;

- при работе людей и техники у нижней бровки уступа, на участках бортов с высокой осыпаемостью откосов уступов, связанной с повышенной трещиноватостью слагающих их пород, особенно при высоте уступов, превышающей высоту черпания экскаватора, предусматриваются специальные меры, обеспечивающие безопасные условия работы. К ним относятся заградительные валы. Технологически эти валы устраиваются из породы бульдозером или экскаватором в процессе отработки горной массы. Внутренняя нижняя бровка откоса заградительного вала располагается по линии максимальной дальности разлета кусков. Высота вала, исходя из наблюдений за высотой подскока кусков, предусматривается не менее 1 м;

- по мере продвижения фронта горных работ, предусматривается систематически вести документацию структуры толщи пород, слагающих борта (уступы), обращая особое внимание на выявление тектонических нарушений, сплошных трещин и других поверхностей ослабления, падающих в горную выработку под углами, превышающими 12-15°. При необходимости вносятся коррективы в проектные решения.

Одной из причин, которая может вызвать крупную деформацию борта лежачего бока участка, является возможное наличие напорных вод. Поэтому при углубке горных работ через каждые 10-15 м, из наиболее глубокой части выработки бурением скважин на глубину 10-15 м по направлению, близкому к нормали слоев лежачего бока, через каждые 150-200 м по простиранию участка, выявлять напорные воды. При наличии напорных вод снимать их бурением таких же скважин.

#### Библиографический список

1. Ягунов А.С. Динамика деформаций в подрабатываемом горном массиве.- Кемерово : Кузбассвуиздат, 2010.
2. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов.- М.: Недра.- 1965.

## **МЕРОПРИЯТИЯ ПО БЕЗОПАСНОМУ ВЕДЕНИЮ ГОРНЫХ РАБОТ В МЕСТАХ НАЛИЧИЯ ОПАСНЫХ ЗОН**

**Колдина А.Н., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрены мероприятия по безопасному ведению горных работ в условиях участка «Шестаки» разреза ОАО «Шестаки».

Ключевые слова: опасная зона, оползень, карьер.

Основным фактором, влияющим на устойчивость уступов и борта карьерной выемки в целом, является структурно-тектоническое строение массива, характеризующееся условиями залегания пород, наличием поверхностей ослабления в виде контактов литологических разностей слоев, тектонических трещин большого протяжения, разрывных нарушений, степенью и характером трещиноватости.

Классификация опасных зон составляется по условиям их возникновения, на которые оказывают влияние геологические и горно-технические факторы. Ниже приведена классификация оползневых явлений, согласно «Правилам безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом» (ПБ-05-619-03) [1].

Опасные зоны, обусловленные геологическими факторами:

- горные массивы с наклонным и пологим залеганием слоистости в сторону выработанного пространства, при наличии в призме возможного обрушения тектонических трещин, секущих уступ, протяженностью более 0,25-0,30 высоты уступа или ослабленных поверхностей, а также при подрезке таких массивов горными работами на высоту более высоты черпания экскаватора;
- участки повышенной водообильности бортов разреза, либо отвалов, сложенных мягкими связными и твердыми глинистыми, рыхлыми несвязными или слабосцементированными породами;
- участки бортов разреза и откосов отвалов, на которых обнаружены признаки деформаций (трещины, заколы, просадки);
- участки эндогенных пожаров;
- оползневые явления по прорыву воды и у затопленных выработок;
- выработки, которые длительное время (более года) находились на консервации и были затоплены водой;
- гидроотвалы, водохранилища, флотохвостохранилища и другие гидротехнические сооружения.

Для обеспечения безопасного ведения горных работ в местах образования оползневых явлений, вызванных геологическими факторами, необходимо проведение следующих мероприятий:

- обоснование параметров зоны возможных деформаций в соответствии с особенностями геологического строения прибортового массива;
- составление проекта наблюдательной маркшейдерской станции и проведение наблюдений в целях контроля распространения деформаций в зоне прибортового массива;
- оценка устойчивости откосов по результатам наблюдений; анализ деформаций и построение графика скоростей смещения реперов и поверхности скольжения по векторам смещения реперов;
- прогноз устойчивого угла откоса борта на основании анализа результатов натурных наблюдений и проектных параметров;
- определение призмы возможного обрушения по результатам натурных наблюдений и расчет в соответствии со схемой деформирования прибортового массива;
- построение границы опасной зоны, которая определяется границами призмы возможного обрушения (сползания).

Опасные зоны, обусловленные горнотехническими факторами:

- отвалы, отсыпаемые на слабое основание;
- многоярусные отвалы, отсыпаемые на наклонное основание (с углами наклона более 14°);
- участки борта, нагруженные отвалами, размещенными в пределах призмы возможного обрушения;
- борта и отвалы, в приоткосных участках которых (на расстоянии от верхней бровки менее 1,5 их высоты) располагаются ответственные коммуникации (трубопроводы, транспортные магистрали, линии связи федерального значения, магистральные линии электропередачи (ЛЭП), здания и сооружения);
- участки ведения горных работ под высокими уступами (более полуторной высоты черпания экскаватора);
- барьерные целики между открытыми и подземными горными выработками, а также смежными открытыми выработками соседних разрезов;
- участки ведения открытых горных работ, находящихся в зоне влияния действующих, законсервированных и ликвидированных подземных выработок;
- участки экзогенных пожаров.

Наиболее характерным горнотехническим фактором являются участки ведения горных работ под высокими уступами.

Все работы под высокими уступами производятся согласно утвержденному главным инженером паспорту и выданному начальником горного участка (зам. начальника участка) наряду.

При работе экскаватора вблизи откоса высокого уступа или уступа, ослабленного тектоническим нарушением, предусматриваются следующие меры безопасности:

- расстояние от нижней бровки уступа до оси хода экскаватора не менее 8 м;
- опоры линии электропередач и высоковольтный кабель размещены от нижней бровки уступа на расстоянии не менее 8 м. При невозможности этого,

данное электрооборудование необходимо защитить ограждающим валом;

- на период приема-сдачи смены, производства внеплановых ремонтных работ, выхода из экскаватора и подъема на него обслуживающего персонала и ИТР, остановка экскаватора производится кабиной в сторону, противоположную высокому уступу.

Для безопасной эксплуатации автотранспорта при размещении транспортной бермы под высоким уступом предусмотрены следующие меры:

- при въезде в забой под высоким уступом установлены аншлаги «Опасная зона»;

- место ожидания погрузки и место погрузки располагаются на расстоянии от нижней бровки уступа не менее 9 м и обозначаются соответствующими аншлагами;

- край автодороги со стороны высокого уступа располагается на расстоянии не менее 5 м от нижней бровки уступа и ограждается ориентирующим валом высотой не менее 1 м, дренажной канавой;

- водители автотранспорта, обслуживающие забой под высоким уступом, обязаны быть проинструктированы безопасным условиям труда под подпись.

Нахождение людей, горнотранспортного или другого оборудования между нижней бровкой уступа и ограждающим сооружением запрещено, кроме производства работ по уборке осыпей бульдозером, которые проводятся только в светлое время суток, в присутствии лиц технического надзора.

#### Библиографический список

1. Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом: ПБ 05-619-03.- Москва, 2004.

2. Ягунов А.С. Динамика деформаций в подрабатываемом горном массиве.- Кемерово : Кузбассвуиздат, 2010.

УДК 622.271

### **КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ ПОЛУЧЕНИЯ**

**Аристов А.А., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика составления кадастра на основе топографических данных.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, кадастр, топографическая карта, карьер.

Основу любого кадастра составляют топографические данные. Нужно



иметь хорошие карты, позволяющие определить местоположение любого объекта на местности, потом привязать его к адресу и предоставить эту информацию всем заинтересованным лицам.

Исходя из этого картографическую основу кадастра будут составлять топографические карты всего масштабного ряда, топографические планы и специальные кадастровые планы.

Топографическая карта - это подробное и уменьшенное отображение земной поверхности в какой-либо картографической проекции. Топографические карты мелких масштабов используются в обзорных целях кадастра (от 1000000 до 100000), а более крупных масштабов используются для решения инженерных задач.

Топографические планы - это уменьшенное или искаженное вследствие кривизны земли изображение земной поверхности на плоскости в горизонтальной плоскости.

Специальные кадастровые планы создаются на основе топографических планов, в тех же масштабах, но отличаются от топографических планов более узкой направленностью. Кадастровые планы содержат, как правило, не более двух или трех информационных слоев.

Картографическая информация отражает местоположение и конфигурацию тех учетных единиц, для которых картографическая привязка целесообразна (участки территории, «линейные» участки коммуникаций, «точечные объекты»), и представляется совокупностью электронных карт (планов), на которых в надлежащих масштабах изображена территория всего объекта или отдельных его частей. Конкретный способ связи между информацией базы данных и картографической информацией определяется используемым для ведения кадастра программным обеспечением.

Существует несколько методов создания картографической основы: наземный, аэрофототопографический, картометрический и метод дистанционного зондирования Земли.

Наземный метод съёмки на сегодня является основным при съёмке городов и населенных пунктов масштаба 1:500 для целей проектирования, строительства и съёмки подземных коммуникаций. Суть метода заключается в съёмке местности непосредственно оператором с помощью специальной вежи и измерительных приборов, тахеометров и теодолитов. В последнее время для сбора информации применяют спутниковые методы определения координат или сочетание спутниковых методов с электронными тахеометрами.

Аэрофототопографическая съёмка заключается в получении данных о местности путем фотографирования или сканирования земной поверхности с летательных аппаратов. Аэрофототопографическая съёмка на сегодняшний день является наиболее распространенной в силу своей доступности и оперативности проведения работ. Она используется, как правило, для создания

топографических карт и планов, а также кадастровых и тематических планов крупных масштабов.

Создание и обновление топографических планов городской застройки, проведение инженерных работ, выявление аварийных ситуаций в тепловых, транспортных, электрических сетях, проведение проектных работ и архитектурного дизайна также осуществляется на основе аэрофотосъёмки.

Развитие современных технологий, технических и аппаратных средств в сфере геоинформатики позволяет получить картографические материалы, по данным аэрофотосъёмки, удовлетворяющие по точности требованиям масштаба 1:1000 и даже масштаба 1:500.

Картометрический метод, служащий для изготовления цифровых карт с существующего фонда методом сканирования и дальнейшей оцифровки (векторизации). Основной недостаток данного способа – устаревание информации, для создания достоверной картографической основы необходима проверка достоверности содержания картографических материалов и, в случае необходимости, дополнительной съёмки.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности Земли, объектах на ней и в ее недрах. Термин «дистанционное зондирование» включает регистрацию (запись) электромагнитных излучений с помощью различных камер, сканеров, микроволновых приемников, радиолокаторов и других приборов такого рода. Дистанционное зондирование используется для сбора и записи информации о морском дне, поверхности и атмосфере Земли, состоянии ее недр, а также для получения информации о состоянии объектов на или под земной поверхностью. Оно осуществляется с применением морских судов, самолетов и вертолетов, космических летательных аппаратов, а также специального наземного оборудования. Дистанционные методы характеризуются тем, что регистрирующий прибор значительно удален от исследуемого объекта. При таких исследованиях явлений и процессов на земной поверхности расстояния до объектов могут измеряться от нескольких единиц до тысяч километров. Это обстоятельство обеспечивает необходимый обзор поверхности и позволяет получать максимально генерализованные изображения.

#### Библиографический список

1. Кель Л.Н. Фотограмметрия. Москва, Недра 1989г.
2. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилина Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Изд. КолосС, 2006 г., 336с.

## **ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО КАДАСТРОВОГО ПЛАНА ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ**

**Аристов А.А., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика составления кадастра на основе топографических данных.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, кадастр, топографическая карта, карьер.

Технологическая схема создания цифрового кадастрового плана по материалам аэрофотосъемки включает следующие этапы: подготовительные работы: технический проект; расчёт параметров аэрофотосъёмки; аэрофотосъёмка; проект планово-высотной привязки снимков; планово-высотная привязка снимков; дешифрирование; фототриангуляция; рисовка цифрового плана и создание ортофотоплана; конвертирование данных в формат программного обеспечения по ведению кадастра; технический отчёт.

Подготовительные работы по созданию цифрового кадастрового плана по материалам аэрофотосъемки заключаются в разработке технического проекта и расчёта параметров аэрофотосъёмки.

Создание технического проекта является первым этапом технологии создания цифрового плана. Технический проект является документом, определяющим содержание, объем, трудовые затраты, сметную стоимость, основные методы выполнения, контроля и приема, сроки и организацию выполнения работ.

При расчете параметров аэрофотосъемки изучаются картографические материалы, рассчитываются координаты начала и конца маршрутов, азимутов маршрутов и другие данные, необходимые для проведения аэрофотосъёмки.

В зависимости от заданного масштаба аэрофотосъемки рассчитываются основные параметры съёмки: высота фотографирования, базис фотографирования, число аэроснимков в маршруте, расстояние между смежными маршрутами, число поперечных маршрутов, расчётное число снимков.

Аэрофотосъёмка производится на  $\frac{1}{2}$  базиса за границу съёмки и на  $\frac{1}{2}$  расстояния между маршрутами, поэтому к числу снимков и к числу маршрутов прибавляют единицу.

В соответствии с ОПА-80 величина продольного перекрытия составляет  $P_x = 65 \%$ , величина поперечного перекрытия –  $P_y = 45 \%$ . величины базиса фотографирования  $B_x$  и расстояние между маршрутами  $B_y$  вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}
 B_x &= l_x \frac{100 - P_x}{10^7} \cdot m ; \\
 B_y &= l_y \frac{100 - P_y}{10^7} \cdot m ,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $L$  – размер стороны аэрофотоснимка,  
 $m$  – знаменатель масштаба аэрофотосъемки.

Общее количество маршрутов на весь участок вычисляется по формуле:

$$K = \frac{C}{B_y} + 0.5 \Pi ,
 \tag{2}$$

где  $C$  – максимальная ширина съемочного участка,  
 $\Pi$  – количество продольных границ участка, совпадающих с внешними границами объекта.

Величина съемочной производительности  $W$  на съемочном участке берется в зависимости от типа самолета, рельефа и применения гиостабилизации.

Аэрофотосъемка – это процесс фотографирования земной поверхности с самолета или другого летательного аппарата с целью получения аэрофотоснимков местности. Аэрофотосъемка подразделяется на кадровую и щелевую. Кадровая съемка делится на перспективную и плановую, которая бывает маршрутной и площадной. При аэрофотосъемке населенных пунктов используется площадная съемка, состоящая из нескольких маршрутов.

Определение планово-высотных опознаков производится для обеспечения необходимой опорой каждой секции фотограмметрической сети, развиваемой по материалам аэрофотосъемки.

Планово-высотная подготовка снимков заключается в опознавании пунктов геодезической и нивелирной сети и определении планово-высотных опознаков. Ошибка определения координат опознаков должна быть не грубее 0,2 мм в масштабе плана.

В качестве планово-высотных опознаков выбираются четкие малоразмерные контуры, наблюдения изображений которых при фотограмметрических работах могут выполняться без накола, что возможно при работе на аналитических фотограмметрических приборах. Не допускается использовать в качестве опознаков вершину кроны дерева или куста, основание дерева, или выбирать точки на затененных участках местности.

Планово-высотные опознаки проектируются в дополнение к имеющимся геодезическим пунктам и определяются в межмаршрутных перекрытиях парами по разные стороны от осей аэрофотосъемочных маршрутов не более, чем через 4 базиса. Кроме того, посередине между парами определяются дополнительные опознаки.

По возможности планово-высотные опознаки совмещаются с пунктами геодезической и нивелирной сети. На местности опознаки закрепляются деревянными кольями или металлическими штырями и небольшой окопкой.

Не менее 50 % опознаков подлежит контрольному опознаванию.

Для планово-высотной подготовки снимков выполняются следующие виды работ: подготовительные; полевые; камеральные.

При проведении подготовительных работ на репродукцию накидного монтажа наносятся границы объекта. В зонах продольного и поперечного перекрытия выбираются местоположения опознаков с учетом характера и расположения застройки и рельефа. Опознаки наносятся на контактные отпечатки.

Начало и конец каждого маршрута обеспечивается четырьмя опознаками, которые располагались за границей участка съемки.

В качестве планово-высотных опознаков используются все замаркированные и отобразившиеся на аэрофотоснимках пункты триангуляции. Маркировкой этих пунктов служит окопка.

Все плановые опознаки опознаются и накальваются на аэрофотоснимках масштаба 1:4000 с точностью 0.1 мм. Точность опознавания и наколовопознаков частично контролируется в поле вторым исполнителем.

#### Библиографический список

1. Кель Л.Н. Фотограмметрия. Москва, Недра 1989г.
2. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилина Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Изд. КолосС, 2006 г., 336с.

УДК 622.271

### **МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ САМОСВАЛАМИ**

**Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика расчета удельного расхода топлива карьерными самосвалами.

Ключевые слова: расход топлива, карьерный самосвал, карьер.

В основу предлагаемой методологии положен метод расчета расхода топлива с использованием классических формул теории автомобиля применительно к особенностям эксплуатации карьерных самосвалов.

Метод позволяет с достаточной точностью определить расход топлива для любых сложных условий движения, когда маршрут движения включает участки с подъемами, горизонтальными участками и спусками и перемещение автосамосвалов может происходить в загруженном и порожнем состояниях в любых направлениях. «Положение о планировании удельной нормы расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом» на карьере

это нормативный документ, определяющий порядок расчета планового удельного расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом. Целью определения плановой удельной нормы расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом является формирование плана затрат по статье дизельное топливо на технологический автотранспорт. Управленческими задачами, решаемыми с помощью предлагаемой методики о планировании удельной нормы расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом являются: формирование оптимальных затрат на дизельное топливо по планируемым технико-экономическим показателям на планируемый период; возможность проведения детального анализа причин превышения (снижения) удельного расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом и как следствие затрат на ГСМ; выявление возможных резервов для снижения себестоимости транспортировки горной массы на открытых горных работах предприятий.

Транспортная работа, т.е. работа, выполненная автомобилем при транспортировании груза, следовательно, и расход топлива зависят в первую очередь от расстояния транспортирования, величины уклонов, характеристики и состояния дороги, технических показателей автосамосвала (массы автосамосвала, экономичности дизельного двигателя, типа трансмиссии), режима движения, и т.д.

Удельный расход дизельного топлива равен отношению расхода дизельного топлива к объему выполненной транспортной работы, формула 1.

$$\text{Удельный расход. (г/ткм)} = \frac{\text{расход топлива на 1 маршрут (кг)} * 1000}{\text{грузооборот за 1 маршрут (ткм)}} \quad (1)$$

Грузооборот за 1 маршрут определяется по формуле 2:

$$\text{Грузооборот за 1 маршрут (ткм)} = \text{масса груза (тн)} * \text{пробег с грузом(км)} \quad (2)$$

При планировании пробег с грузом равен расстоянию транспортирования горной массы от места погрузки экскаватора до места разгрузки (отвал, склад и пр.).

Расход топлива при выполнении транспортной работы включает в себя расход на движение в груженом направлении, в порожнем направлении, расход на технологические операции (погрузка, разгрузка, ожидание погрузки, маневрирование), расход на регламентированные простои [1].

Расход топлива рассчитывается по учетной плотности  $0,825 \text{ г/см}^3$ , формула 3.

$$Q_T^P = Q_T^{гр} + Q_T^{пор} + Q_T^{\text{техн опер}} + Q_T^{\text{регلم простои}}, \text{ кг} \quad (3)$$

где  $Q_T^P$  - расход топлива за 1 рейс на маршруте, кг;

$Q_T^{гр}$  - расход топлива в груженом направлении, кг;

$Q_T^{пор}$  - расход топлива в порожнем направлении, кг;

$Q_T^{\text{техн опер}}$  - расход топлива во время проведения технологических операций (погрузки, разгрузки, ожидания погрузки, маневрирование), кг;  
 $Q_T^{\text{реглм простои}}$  - расход топлива на регламентированные простои, кг.

Расход топлива в груженом направлении определяется по формуле 4:

$$Q_T^{\text{гр}} = Q_T^{\text{гр под}} + Q_T^{\text{гр сп}} ; \text{кг} \quad (4)$$

где  $Q_T^{\text{гр под}}$  - расход топлива при движении в груженом направлении на подъемах и горизонтальных участках, кг

$Q_T^{\text{гр сп}}$  - расход топлива при движении в груженом направлении на спусках, кг (если есть) [2].

#### Библиографический список

1. Каталог продукции производственного объединения БелАЗ// - 2011.- С. 180.
2. Руководство по эксплуатации БелАЗ // ПО БелАЗ - 2011.- С. 268.

УДК 622.271

### **МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ САМОСВАЛАМИ В ГРУЖЕНОМ НАПРАВЛЕНИИ, НА ПОДЪЕМАХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УЧАСТКАХ**

**Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика расчета удельного расхода топлива карьерными самосвалами.

Ключевые слова: расход топлива, карьерный самосвал, карьер.

Расход топлива при движении гружеными на подъемах и горизонтальных участках автосамосвалами определяется исходя из нормы расхода пропорционально пробегу автосамосвала в груженом состоянии.

$$Q_T^{\text{гр под}} = (q_T^{\text{гр под}}/100) \cdot L \quad (1)$$

где  $q_T^{\text{гр под}}$  - линейная норма расхода дизельного топлива при движении на подъемах и горизонтальных участках, кг/100км;

$L$  - среднее расстояние перемещения груза на маршруте в груженом направлении, км;

100 - означает 100 км пробега.

Линейная норма расхода дизельного топлива при движении на подъемах и горизонтальных участках определяется по формуле:

$$q_T^{\text{гр под}} = \frac{Q_T^{\text{уд}} \cdot F_D \cdot 2K_{\text{пр}}}{36000 \cdot 0,83 \cdot \eta_{\text{пр}}} \cdot 0,825 \quad (2)$$

где  $Q_T^{\text{уд}}$  - удельный расход топлива двигателем самосвала при номинальной мощности (определяется по характеристике двигателя, таблица), г/кВт.ч,

$F_D$  - сила сопротивления дороги;

$H$  - (сила сопротивления дороги зависит от состояния дорожного полотна, уклона преодолеваемого самосвалом и полной массы самосвала с грузом) и определяется по формуле:

$$F_D = (K_{\text{ск}} + \text{tg } \alpha) \cdot G \cdot g; \quad (3)$$

где  $K_{\text{ск}}$  - коэффициент сопротивлению качения, ( $K_{\text{ск}} = 0,02$ ).

Продольный угол дороги на подъеме является значительным фактором оказывающим влияние на удельный расход дизельного топлива. Данные по этому параметру предоставляется маркшейдерской службой, рисунок 1

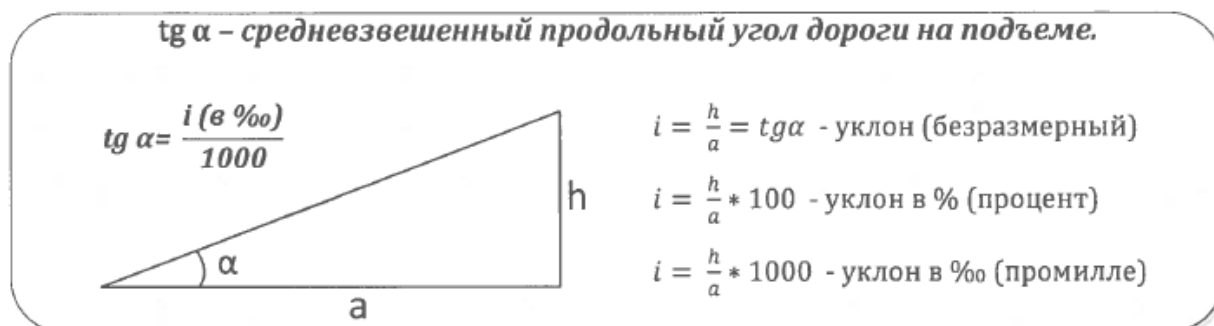


Рисунок 1 – средневзвешенный продольный угол дороги

$G$  - масса автосамосвала (груженого или порожнего, в зависимости от условий движения, по которому ведется расчет) с учетом коэффициента использования грузоподъемности, кг [1].

В таблице 1 приведена масса автосамосвалов без груза.

Таблица 1 - Масса автосамосвала без груза

Марка автосамосвала	Номинальная грузоподъемность, тн	Масса автосамосвала без груза, кг
БелАЗ – 7547	45	33 100
БелАЗ – 75450	45	35 000
БелАЗ – 7555В	55	40 500
БелАЗ – 7555 Д (без заднего борта)	55	40 700



Окончание таблицы 1

Марка автосамосвала	Номинальная грузоподъемность, тн	Масса автосамосвала без груза, кг
БелАЗ – 7555 Д (с задним бортом)	55	47 500
БелАЗ – 75570	90	73 000
БелАЗ – 75131	130	107 100
БелАЗ – 7513В	130	108 100
БелАЗ – 75137	130	108 100
БелАЗ – 75138	130	108 500
БелАЗ – 75170	160	134 000
БелАЗ – 75172	160	134 000
БелАЗ – 75302	220	156 100
БелАЗ – 75306	220	156 100
БелАЗ – 75309	220	156 100
БелАЗ – 75312	220	156 100
БелАЗ – 75307	240	156 100
БелАЗ – 75310	240	161 500
БелАЗ – 75311	240	161 500
БелАЗ – 75315	240	161 500
БелАЗ – 75601	320	250 000

$g$  - ускорение свободного падения (9,8), м/с<sup>2</sup>;

$2K_{пр}$  - коэффициент использования пробега с грузом (так как в расчете расход топлива считается отдельно в груженом и порожнем направлениях отдельно, то  $K_{пр}$  удваивается);

$\eta_{тр}$  - КПД трансмиссии самосвала (принимается для двухосных самосвалов - 0,85).

Удельный расход топлива  $Q_t^{уд}$  при номинальной мощности (г/кВт\*ч) принимается согласно технической документации автосамосвала. В таблице 2 представлен удельный расход топлива двигателем самосвала при номинальной мощности (г/кВт\*ч) в зависимости от марки автосамосвала [2].

Таблица 2 - Удельный расход топлива при номинальной мощности

Марка автосамосвала	Номинальная грузоподъемность, тн	Марка двигателя	Номинальная мощность, кВт	$Q_t^{уд}$ , г/кВт*ч
БелАЗ 7547	45	Cummins КТА 19-С	445	219
БелАЗ 75450	45	Cummins QSX-15	448	209
БелАЗ 7555 Д,В	55	Cummins КТТА 19-С	522	209
БелАЗ 75570	90	Cummins QST-30-С	783	204

Окончание таблицы 2

Марка автосамосвала	Номинальная грузоподъемность, тн	Марка двигателя	Номинальная мощность, кВт	Qtуд, г/кВт*ч
БелАЗ 75131	130	Cummins KTA 50-C	1194	207
БелАЗ 7513В	130	MTU DD 12V4000	1193	201
БелАЗ 7513А	130	Cummins QSK-45-C	1491	209
БелАЗ 75137	130	MTU DD 12V4000	1193	201
БелАЗ 7513В-04	130	MTU DD 12V4000	1193	201
БелАЗ 75170	160	Cummins QSK-45-C	1491	209
БелАЗ 75172	160	MTU DD 12V4000	1400	201
БелАЗ 75174	160	MTU DD 12V4000	1400	201
БелАЗ 75302	220	MTU DD 16V4000	1715	198
БелАЗ 75306	220	Cummins QSK-60-C	1715	208
БелАЗ 75309	220	MTU DD 16V4000	1715	198
БелАЗ 75312	220	MTU DD 16V4000	1864	198
БелАЗ 75307	240	MTU DD 16V4000	1864	198
БелАЗ 75310	240	Cummins QSK-60-C	1864	206
БелАЗ 75311	240	MTU DD 16V4000	1864	198
БелАЗ 75315	240	MTU DD 16V4000	1864	198
БелАЗ 75601	320	MTU 20V4000	2800	198

Библиографический список

1. Каталог продукции производственного объединения БелАЗ// - 2011.- С. 180.
2. Руководство по эксплуатации БелАЗ // ПО БелАЗ - 2011.- С. 268.

УДК 622.271

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ САМОСВАЛАМИ В ГРУЖЕНОМ  
НАПРАВЛЕНИИ НА СПУСКАХ И В ПОРОЖНЕМ НАПРАВЛЕНИИ**

**Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика расчета удельного расхода топлива карьерными самосвалами.

Ключевые слова: расход топлива, карьерный самосвал, карьер.

Расход при движении грузным на спусках определяется аналогично расходу при движении в грузном направлении на подъемах и горизонтальных участках, принимается в процентах от расхода топлива для преодоления этого подъема грузным автосамосвалом, и равен 25% согласно рекомендациям ПО «БелАЗ», формула 1.

$$Q_T^{гр.сп} = q_T^{гр.сп} / 100 \cdot L \quad (1)$$

Линейная норма расхода дизельного топлива при движении на спусках в грузном направлении определяется по формуле 2:

$$q_T^{гр.сп} = \frac{Q_T^{гр.под} \cdot F_{гр.2х.гр}}{36000 \cdot 0,83 \cdot \eta_{тр}} \cdot 0,825 \cdot 0,25 \quad (2)$$

где  $q_T^{гр.сп}$  - линейная норма расхода дизельного топлива в грузном направлении на спусках, кг/100 км,

$L$  - среднее расстояние перемещения груза на маршруте в грузном направлении (на спуск), км [1].

Расход топлива в порожнем направлении определяется по формуле 3:

$$Q_T^{пор} = Q_T^{пор.под} + Q_T^{пор.сп}; \text{ кг} \quad (3)$$

где  $Q_T^{пор.сп}$  - расход топлива при движении в порожнем направлении на спусках, кг;

$Q_T^{пор.под}$  - расход топлива при движении в порожнем направлении на подъемах и горизонтальных участках, кг (если есть).

Расход при движении в порожнем направлении на спусках определяется аналогично расходу при движении в грузном направлении на подъемах и горизонтальных участках, принимается в процентах от расхода топлива для преодоления этого подъема грузным автосамосвалом и равен 20% согласно рекомендациям ПО «БелАЗ», формула 4.

$$Q_T^{пор.сп} = q_T^{пор.сп} / 100 \cdot L \quad (4)$$

Линейная норма расхода дизельного топлива при движении в порожнем направлении на спусках определяется по формуле 5:

$$q_T^{пор.сп} = \frac{Q_T^{пор.под} \cdot F_{гр.2х.гр}}{36000 \cdot 0,83 \cdot \eta_{тр}} \cdot 0,825 \cdot 0,2 \quad (5)$$

где  $q_T^{пор.сп}$  - линейная норма расхода дизельного топлива в порожнем направлении на спусках, кг/100 км,

$L$  - среднее расстояние на маршруте в порожнем направлении (на спуск), км.

Расход при движении в порожнем направлении на подъемах определяется аналогично расходу при движении в грузном направлении на подъемах

мах и горизонтальных участках, только учитывается в расчете масса автосамосвала без груза, формула 6.

$$Q_{\text{т}}^{\text{пор под}} = q_{\text{т}}^{\text{пор под}}/100 \cdot L$$

Линейная норма расхода дизельного топлива при движении в порожнем направлении на подъемах определяется по формуле:

$$q_{\text{т}}^{\text{пор под}} = \frac{Q_{\text{т}}^{\text{ИТ}} \cdot F_{\text{т}} \cdot 2 \cdot K_{\text{пр}}}{36000 \cdot 0,82 \cdot \eta_{\text{пр}}} \cdot 0,825 \quad (6)$$

где  $q_{\text{т}}^{\text{пор под}}$  - линейная норма расхода дизельного топлива в порожнем направлении на подъемах, кг/100 км,

$L$  - среднее расстояние на маршруте в порожнем направлении (на подъем), км [2].

#### Библиографический список

1. Каталог продукции производственного объединения БелАЗ// - 2011.- С. 180
2. Руководство по эксплуатации БелАЗ // ПО БелАЗ - 2011.- С. 268.

УДК 622.271

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ САМОСВАЛАМИ НА РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫЕ ПРОСТОИ

**Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена методика расчета удельного расхода топлива карьерными самосвалами.

Ключевые слова: расход топлива, карьерный самосвал, карьер.

В период сезонной распутицы (весна - 1 месяц; осень - 1 месяц, в зависимости от погодных условий) можно применять надбавку к удельной норме расхода топлива до 20 % в зависимости от состояния дорожного покрытия.

На каждый рейс технологический автосамосвал дополнительно расходует топливо для проведения технологических операций (погрузка, разгрузка, ожидание погрузки, маневрирование).

Норма расхода на 1 рейс с грузом для большегрузных автосамосвалов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Норма расхода топлива большегрузных автосамосвалов на 1 рейс с грузом

Марка, модель автосамосвала	$q_{\text{т}}^{\text{техн опер}}$ , кг
БелАЗ 7547	1,0
БелАЗ 7555 и модификации	1,3
БелАЗ 7557	1,4
БелАЗ 75138	3,0
БелАЗ 7513 и модификации	2,5
БелАЗ 7517 и модификации	3,0
БелАЗ 7530 и модификации	3,5
БелАЗ 7560 и модификации	5,0

Для расчета расхода топлива на регламентированные простои на технологический автотранспорт включены следующие простои на 1 машиносмену:

1. Буровзрывные работы - 20,7 мин;
2. Заправка ГСМ - 20 мин;
3. Контрольный осмотр во время пересменка - 20 мин;
4. Обед-20 мин;
5. Подчистка подъезда к экскаватору бульдозером, приведение дорожных условий в соответствие - 20,7 мин;
6. Отдых и личные надобности - 16 мин.

ИТОГО - 117,4 мин (1,957 ч) - время регламентированных простоев на 1 машиносмену ( $t_{\text{прост}}$ ) [1].

Расход топлива на регламентированные простои определяется по формуле 1:

$$Q_{\text{т}}^{\text{реглм. простои}} = q_{\text{хх}} \cdot t_{\text{прост}} \cdot N_{\text{см}}, \text{ кг} \quad (1)$$

где  $N_{\text{см}}$  - количество машиномен на технологических автосамосвалах.

Норма расхода топлива технологическими автомобилями на работу двигателя в режиме холостого хода (без нагрузки)  $q_{\text{хх}}$  представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Нормы расхода топлива технологическими автомобилями на работу двигателя в режиме холостого хода

Марка, модель автосамосвала	$q_{\text{хх}}$ , кг/ч
БелАЗ 7547	6,8
БелАЗ 7555 и модификации	7,7
БелАЗ 7557	16,3
БелАЗ 75138	20,0
БелАЗ 7513 и модификации	22,3
БелАЗ 7517 и модификации	26,9
БелАЗ 7530 и модификации	31,4
БелАЗ 7560 и модификации	41,2

В зимний период (ноябрь-март) к норме расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом на холостом ходу (без нагрузки) необходимо учитывать зимний коэффициент ( $K_{зим}$ ), формула 2.

$$q_{xx}^{зим} = q_{xx} \cdot K_{зим}, \text{ кг} \quad (2)$$

$K_{зим}$  представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Значения зимнего коэффициента

Период	$K_{зим}$
Ноябрь	1,05
Декабрь	1,1
Январь	1,15
Февраль	1,1
Март	1,05

Нормативный расход топлива на регламентированные простои на 1 машиносмену представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Нормативный расход топлива на регламентированные простои на 1 машиносмену

Марка, модель автосамосвала	$Q_T$ реглам. простои (апрель-октябрь), кг	$Q_T$ реглам. простои (ноябрь, март), кг	$Q_T$ реглам. простои (декабрь, февраль), кг	$Q_T$ реглам. простои (январь), кг
БелАЗ 7547	13,31	13,97	14,64	15,30
БелАЗ 7555 и модификации	15,07	15,82	16,58	17,33
БелАЗ 7557	31,90	33,49	35,09	36,68
БелАЗ 75138	39,14	41,10	43,05	45,01
БелАЗ 7513 и модификации	43,64	45,82	48,01	50,19
БелАЗ 7517 и модификации	52,64	55,28	57,91	60,54
БелАЗ 7530 и модификации	61,45	64,52	67,59	70,67
БелАЗ 7560 и модификации	80,63	84,66	88,69	92,72

Расход топлива на маршруте определяется по формуле 3:

$$Q_T = Q_T^P \cdot n_p \quad (3)$$

где  $Q_T$  - расход топлива на маршруте, кг

$Q_T^P$  - расход топлива за 1 рейс на маршруте, кг

$n_p$  - количество рейсов на маршруте.

Расчетная удельная норма расхода дизельного топлива технологическим автотранспортом на маршруте определяется по формуле 4:

$$q_{\text{мар}} = \frac{\text{расход топлива на маршруте (кг)} \cdot 1000}{\text{грузооборот на маршруте (ткм)}, \text{Г/ТКМ}} \quad (4)$$

Если на одной марке технологических автосамосвалов запланировано несколько маршрутов, то расчетная норма расхода дизельного топлива определяется путем деления суммарного расхода топлива по всем маршрутам на суммарный грузооборот.

При расчете лимита дизельного топлива на технологические автоперевозки большегрузными автосамосвалами необходимо применять повышающий коэффициент 1,0303, исходя из среднестатистической годовой плотности дизельного топлива по Кемеровской области  $0,850 \text{ г/см}^3$ , а учетная плотность дизельного топлива  $0,825 \text{ г/см}^3$  [2].

#### Библиографический список

1. Каталог продукции производственного объединения БелАЗ// - 2011.- С. 180
2. Руководство по эксплуатации БелАЗ // ПО БелАЗ - 2011.- С. 268.

УДК 622.271

### ПРИМЕНЕНИЕ ЦПТ В УСЛОВИЯХ УЧАСТКА «ШЕСТАКИ-2» РАЗРЕЗА ОАО «ШЕСТАКИ»

**Черепанов А.А., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чаплыгин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, chief.a.v@mail.ru*

Рассмотрена технология применения ЦПТ в условиях участка «Шестаки» разреза ОАО «Шестаки».

Ключевые слова: циклично-поточная технология, карьер.

Согласно техническому заданию предприятия необходимо концептуально рассмотреть применение циклично-поточной технологии при корректировке проекта на добычу угля открытым способом на участке Шестаки-2 разреза ОАО Шестаки.

В настоящее время разрез вскрыт до горизонта  $\pm 0\text{м}$  автомобильными съездами, пройденными со стороны западного борта. Лицензия КЕМ 01537 ТЭ по глубине имеет граничную отметку минус 30.

Южный торец разреза находится в неустойчивом положении, что предопределяет разноску этого торца для постановки в устойчивое положение. Это в свою очередь делает необходимым перенос отвалов, находящихся как с востока, так и с запада от карьерной выемки. Кроме того, вскрытие до горизонта минус 30 также предполагает разноску бортов и перенос отвалов

(рисунок 1).

Автотранспорт характеризуется высокой технологической гибкостью и малой операционной взаимосвязью с мощной выемочно-погрузочной техникой при обеспечении любых объемов перевозок. Однако, автосамосвалы являются наиболее энергоемким средством транспорта. С увеличением глубины карьера недостатки автотранспорта усугубляются.

Член-корр. АН СССР А.О. Спиваковский и проф. М.Г. Потапов доказали, что «наиболее экономичным видом транспорта для глубоких карьеров является конвейерный транспорт». Применение ЦПТ позволяет снизить стоимость транспортирования горной массы, т. к. известно, что при углублении карьера на каждые 100 м затраты на транспорт возрастают при использовании автомобилей в 1.5 раза, а конвейеров – только на 5–6%.

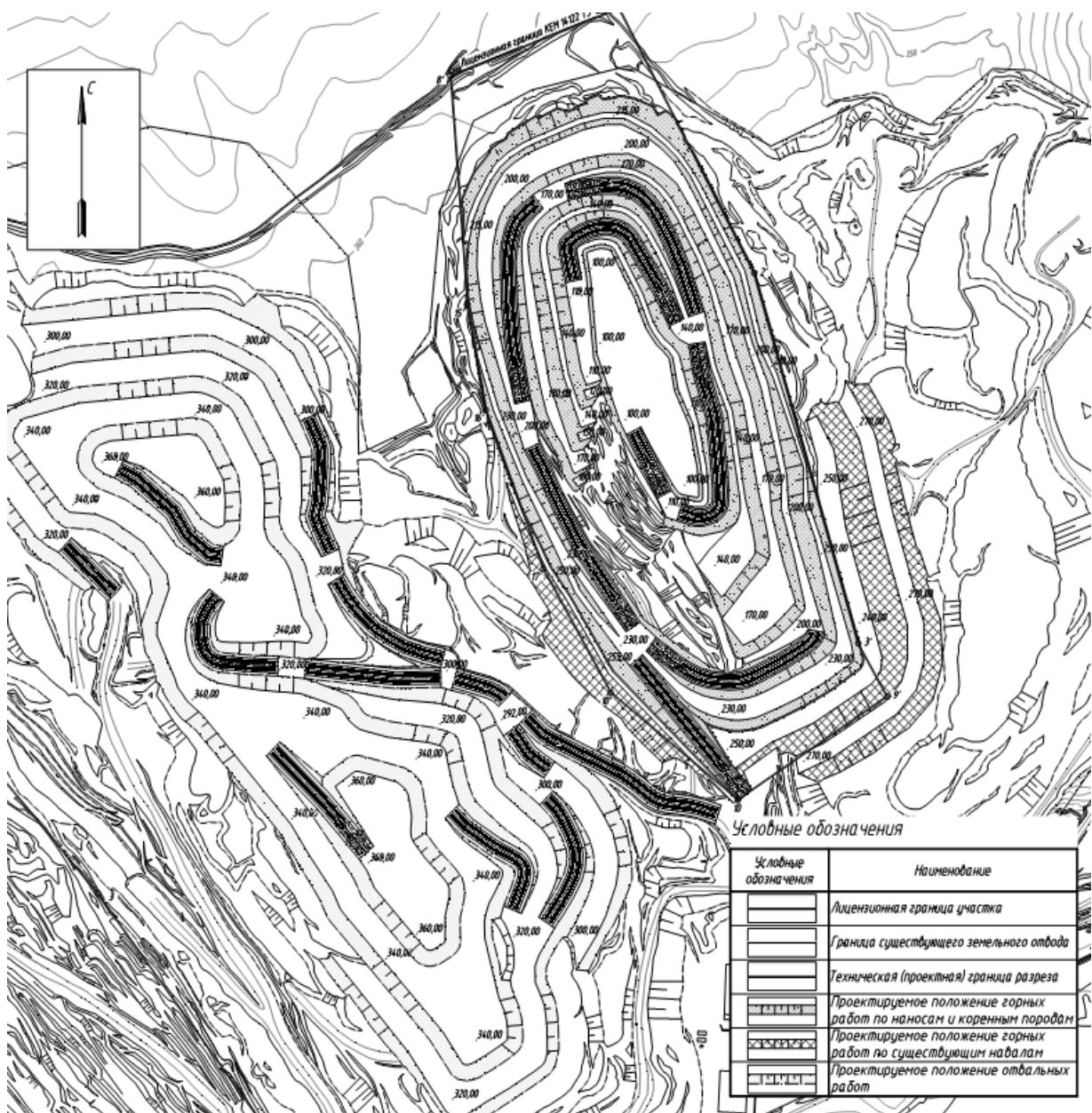


Рисунок 1 – Вскрытие рабочих горизонтов



Применение конвейеров в транспортной сети карьера или разреза позволяет существенно сократить затраты на транспортирование. Но технологически его применение затруднено. Данный вид транспорта обладает следующими недостатками: жесткие требования к влажности, кусковатости и абразивности материала; зависимость от климатических условий; достаточно высокая энергоемкость; небольшие углы преодолеваемого уклона; высокая металлоемкость; в отличие от автотранспорта требует проведения электрокоммуникаций; необходимо предварительное дробление до транспортабельной фракции.

Использование крутонаклонных конвейеров (КНК) типа «Сэндвич» (с прижимной лентой) создает новые возможности для эффективного освоения модернизированных циклично-поточных технологий перемещения пород в отличие от известных схем на основе ленточных конвейеров классического типа (стандартные ленточные конвейеры (СЛК)). Однако у конвейеров такого типа существуют недостатки: громоздкость и высокая материалоемкость конструкции; мощностные и прочностные ограничения длины бесперегрузочного става; потенциальные возможности пробуксировки лент на приводах барабана при отрицательных температурах атмосферы; технологические неудобства наращивания става при углубки горных работ; большие капитальные вложения.

В связи с этим наиболее оптимальной будет схема сочетания автотранспорта с конвейерным, то есть применение циклично-поточной технологии транспортирования. Это позволит снизить капитальные вложения и сократить сроки достижения проектной мощности реконструируемого карьера.

В результате проведенной работы по анализу оборудования были выбраны следующие основные элементы транспортно-отвальной системы: автосамосвал БелАЗ 75131; крутонаклонный конвейер КНК-270; полустационарная дробильная установка щекового типа ЕВ 16-12; отвалообразователь ОШС-4000/125.

Кроме того, был установлен концентрационный горизонт. Он принимается равным плюс 120, так как это самый нижний горизонт, который не подлежит подработке. Кроме того, выбор этого горизонта позволяет уменьшить и вовсе свести к минимуму простои на перенос и наращивание конвейерного става. Он монтируется на постоянной основе до конца отработки месторождения.

В результате расчетов определено, что отработка запасов является экономически целесообразной. Величина суммарной чистой прибыли составляет 900,2 млн. руб.

#### Библиографический список

1. СНиП 2.05.07-91\*. Промышленный транспорт.- Москва, 1996.
2. Единые нормы выработки на открытые горные работы для предприятий горнодобывающей промышленности. Часть IV. Эскавация и транспортирование горной массы автосамосвалами.- 1988.

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА ТВЕРДЕЮЩЕЙ  
ЗАКЛАДКИ И СХЕМЫ ЕЕ ДОСТАВКИ В ШАХТУ  
В УСЛОВИЯХ ЗАРЕЧЕНСКОГО РУДНИКА**

**Кромоданова А.Е.**

**Научные руководители: д.т.н., проф. Шеховцов В.С.,  
Шеховцова В.О.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассматриваются способы разработки месторождений с закладкой выработанного пространства.

Ключевые слова: закладка, вяжущее, подземная добыча.

В настоящее время для горнодобывающей промышленности все более актуальным становится решение проблем рационального использования недр и земельных площадей, внедрение в производство безотходных и ресурсосберегающих технологий, повышение рентабельности действующих рудников и экологическая безопасность. При подземной добыче полезных ископаемых это достигается разработкой месторождений с закладкой выработанного пространства.

В большей степени этим требованиям отвечает разработка с применением твердеющей закладки. В качестве вяжущего в составе закладки в основном используется цемент, что определяет ее высокую стоимость и значительный расход материалов. Устранение данных недостатков возможно благодаря использованию для закладочных смесей дешевых местных материалов с вяжущими свойствами.

По результатам изучения научно - технической литературы и патентной документации для сравнения были подобраны три варианта состава закладочной смеси: на основе цемента, золошлаковых отходов и хвостов обогащения. Составы закладочной смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Составы закладочной смеси

№	Вариант	Состав	
		Компоненты	Удельный расход
1	На основе цемента (по данным рудника)	Цемент (М400)	200 кг/м <sup>3</sup>
		Порода от проходки фракция 5-20 мм	700 кг/м <sup>3</sup>
		Песок или порода фракции 0-5 мм	700 кг/м <sup>3</sup>
		Вода	400 л/м <sup>3</sup>

Окончание таблицы 1

№	Вариант	Состав	
		Компоненты	Удельный расход
2	На основе золошлаковых отходов [1]	Золошлаковые отходы	500 кг/м <sup>3</sup>
		Порода	945 кг/м <sup>3</sup>
		Цемент (М400)	200 кг/м <sup>3</sup>
		Вода	260 л/м <sup>3</sup>
3	На основе хвостов обогащения [2]	Текущие хвосты обогащения	1800 кг/м <sup>3</sup>
		Известь	80 кг/м <sup>3</sup>
		Лигносульфонат натрия	1,2 кг/м <sup>3</sup>
		Вода	до 1 м <sup>3</sup>

При выборе учитывалась нормативная прочность закладочного массива, транспортабельность закладочной смеси по трубопроводам, укладка в блоке, расход и наличие компонентов, а так же возможность использования их в составе закладки и себестоимость 1 м<sup>3</sup> смеси.

Себестоимость закладочной смеси по вариантам составила: смесь № 1 - 237,27 руб./т (фактическая по данным рудника); смесь № 2 и № 3 соответственно - 220 руб./т и 207,22 руб./т (расчетные показатели).

Вариант № 2 на основе золошлаковых отходов наиболее полно отвечает поставленным требованиям и рекомендуется к внедрению. Экономический эффект от его применения на руднике составит 1727 тыс. руб./год.

Учитывая особенности разработки месторождения и состав закладочной смеси наиболее целесообразно применение литого способа возведения массива.

Многообразие горнотехнических условий разработки рудных месторождений предопределило создание нескольких технологических схем возведения искусственного массива, каждая из которых наиболее эффективна лишь в определенной области.

Исходя, из горно-геологических условий отработки Зареченского месторождения и, учитывая высокую ценность его руды на руднике, нашла применение слоевая система разработки с заполнением выработанного пространства твердеющей закладкой. Закладка обеспечивает безопасную и эффективную эксплуатацию месторождения с наибольшей полнотой извлечения полезного ископаемого.

Подача закладочной смеси в шахту осуществляется по скважинам, пробуренным с поверхности до уровня второго горизонта [3]. Далее происходит ее транспортировка по трубопроводам, проложенным по горным выработкам до закладочных скважин, пробуренных со второго на третий горизонт. В рабочие блоки третьего горизонта закладка поступает по блоковым вентиляционно-закладочным восстающим.

Для заполнения выработанного пространства четвертого и пятого горизонтов подача твердеющей смеси предусматривается с третьего и четвертого горизонтов, соответственно, по блоковым вентиляционно-закладочным восстающим.

В блоках от вентиляционно-закладочных восстающих твердеющая смесь подается в выработанное пространство по трубопроводам, проложенным по кровле слоевых заходок. Транспортирование смеси по вертикальным трубопроводам осуществляется гравитационным (самотечным) способом, т.е. за счет действия силы тяжести смеси. По горизонтальным выработкам закладочная смесь перемещается пневматическим способом, с помощью врезок для сжатого воздуха. Технологическая схема доставки закладки в шахту представлена на рисунке 1.

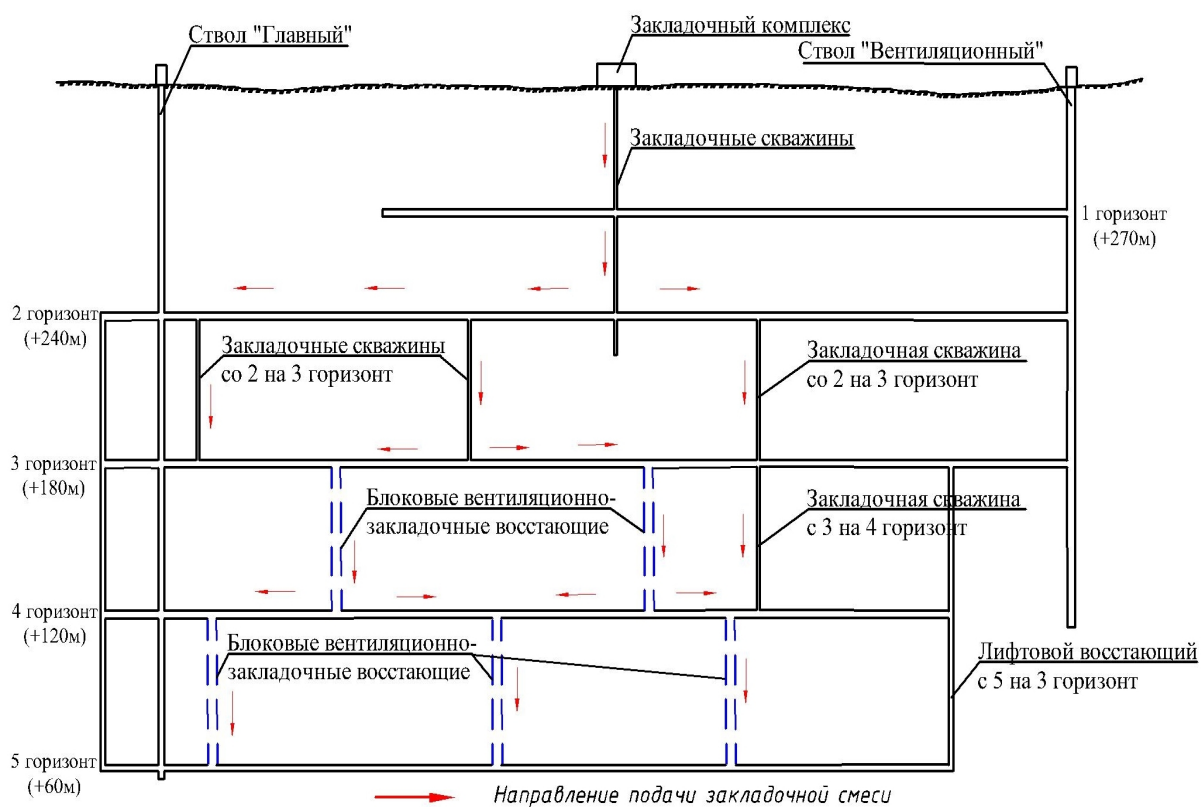


Рисунок 1 – Технологическая схема доставки закладки в шахту Зареченского рудника

#### Выводы:

1. Из трех рассмотренных составов закладочной смеси рекомендуется вариант на основе золошлаковых отходов. Экономический эффект предлагаемого варианта составит 1727 тыс. руб./год.

2. Доставку закладки в шахту рекомендовано осуществлять от закладочного комплекса по сети трубопроводов за счет действия силы тяжести смеси и по горизонтальным выработкам с помощью сжатого воздуха.

3. Рекомендуется литой способ возведения искусственного массива.

### Библиографический список

1. Обоснование технологии утилизации золошлаковых отходов угольных ТЭЦ при добыче полезных ископаемых [Текст] / В.О. Шеховцова, В.И. Мурко, Л.П. Понасенко, С.Л. Понасенко // Уголь.- 2013.- № 11.- С. 34-35.
2. Пат. 2490472 Россия, МКИ<sup>9</sup> E21F15/00. Состав закладочной смеси и способ ее изготовления [Текст] / М.В. Рыльникова, И.А. Абдрахманов, Д.Р. Каплунов и др. ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат».- № 2012107628/03; заявл. 29.02.12; опубл. 20.08.13.- 4 с.
3. Поддержание действующей мощности рудника: проектная документация. В 4 т. Т 2. Технологические решения: пояснительная записка 3003–9190 ТХ [Текст] / ОАО «Сибгипроруда».- Новокузнецк, 2014.- 61 с.

### **III. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

УДК 621.791

#### **РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ**

**Кузьменко Д.И.**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Вострецов Г.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья посвящена исследованию влияния основных легирующих элементов на твердость наплавленного теплостойкого металла.

Ключевые слова: стали, наплавочные материалы, твердость, износостойкость.

Валки холодной прокатки работают в условиях одновременного действия остаточных, контактных, изгибающих напряжений, тепловых нагрузок и крутящего момента. Рабочий слой должен обладать высокой прочностью, вязкостью, износостойкостью, теплостойкостью и высокой твердостью. Наиболее полно всем этим свойствам отвечают теплостойкие инструментальные стали высокой твердости, которые сочетают теплостойкость (600-700<sup>0</sup>С) с высокой ТВ ердостью (HRC 63-68) и повышенным сопротивлением пластической деформации.

Таким образом, разработка и применение наплавочных материалов на основе теплостойких инструментальных сталей является весьма актуальной задачей. Причем в зависимости от конкретных условий работы валков должен разрабатываться материал с определенными доминирующими свойствами. Например, для наплавки рабочего слоя валков холодной прокатки вольфрама и молибдена необходима высокая твердость, а для наплавки рабочего валков прокатки керамической пленки – высокая износостойкость наплавленной поверхности.

В результате анализа условий эксплуатации прокатных валков и требований, предъявляемых к рабочей поверхности можно сформулировать следующие основные принципы разработки наплавочных материалов:

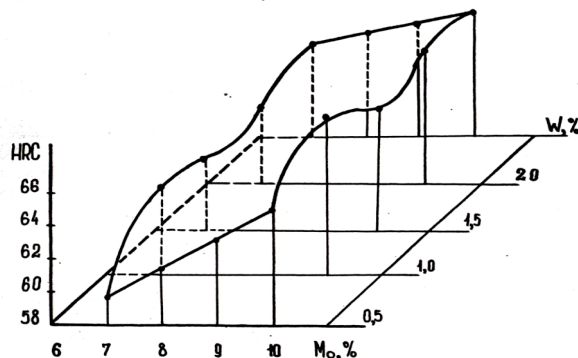
- создание наплавленного слоя, отвечающего полному комплексу необходимых свойств (твердости, теплостойкости, износостойкости и прочности);
- оптимизация составов наплавочных материалов в зависимости от конкретных вариантов применения;
- технологичность разрабатываемых наплавочных материалов.

Поэтому целью работы является исследование влияние основных легирующих элементов на твердость наплавленного теплостойкого металла.

Для достижения поставленной задачи первоначально, с помощью эксперимента и литературных данных была определена область исследования, а впоследствии с применением планирования эксперимента и метода крутого восхождения по поверхности отклика функции рассчитан оптимальный состав порошковой проволоки.

Определение твердости образцов производилось сразу после плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота и после отпуска на вторичную твердость.

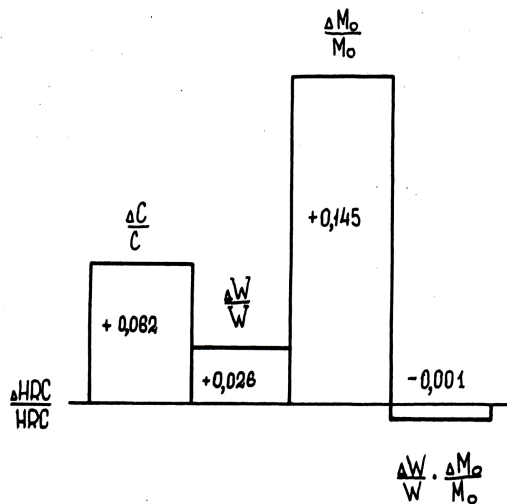
Результаты исследования приведены на рисунке 1.



$$HRC = 42,25 + 5C + 5,37W + 1,82 Mo - 0,49W Mo$$

Рисунок - 1. Изменение вторичной твердости от содержания вольфрама и молибдена в порошковой проволоке (содержание углерода - 0,8%).

Для оценки влияния факторов полученное регрессионное уравнение можно привести к относительному виду (рисунок 2).



$$\frac{\Delta HRC}{HRC} = 0,062 \cdot \frac{\Delta C}{C} + 0,026 \cdot \frac{\Delta W}{W} + 0,145 \cdot \frac{\Delta Mo}{Mo} - 0,001 \cdot \frac{\Delta W}{W} \cdot \frac{\Delta Mo}{Mo}$$

Рисунок 2 - Влияние отклонения содержания легирующих элементов от оптимального состава на изменение вторичной твердости наплавленного металла

Из графика следует, что для соблюдения отклонения твердости от среднего значения HRC 65 в пределах  $HRC \pm 1$  можно варьировать соотношением  $\Delta C/C=25\%$ ;  $\Delta W/W= 57\%$ ;  $\Delta Mo/Mo=10\%$ . По нашим расчетам в данном диапазоне концентраций легирующих элементов в теплостойких сталях при выполнении условия сохранения неизменным значения твердости вольфрам можно частично заменить молибденом по соотношению:

$$W = (1,1 \dots 1,2)\% Mo.$$

В результате исследования были разработаны составы порошковых проволок на основе теплостойких инструментальных сталей высокой твердости для плазменной наплавки в защитно-легирующей среде азота (таблица 1).

Таблица 1 - Составы порошковых проволок для плазменной наплавки прокатных валков

№	Марка	Содержание (среднее) элементов, %						Вторичная твердость, HRC
		C	W	Mo	Cr	V	Al	
1	ПП-Р0М8	0,85	-	8,5	4,0	0,4	2,0	61
2	ПП-Р2М8	0,85	1,5	8,5				65
3	ПП-Р6М5	0,8	6,0	5,0				64,5

*Основные выводы:*

- установлена регрессионная зависимость между содержанием углерода, вольфрама и молибдена и вторичной твердостью наплавленного в среде азота теплостойкого металла;

- исходя из сохранения высокой твердости наплавленного металла, вольфрам в порошковой проволоке можно заменить молибденом в соотношении  $Mo/W=1,0/(1,1 \dots 1,2)$ ;

- разработаны составы порошковых проволок для плазменной наплавки теплостойкими инструментальными сталями прокатных валков.

УДК 621.791.92:669.018.25

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ПП-Нп-35В9Х3СФ И ПП-Нп-25Х5ФМС НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

**Липатова У.И., Осетковский И.В.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Козырев Н.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kozyrev\_na@mtsp.sibsiu.ru*

Проведены исследования на истирание образцов наплавленных с использованием порошковых проволок марок ПП-Нп-35В9Х3СФ ПП-Нп-



25Х5ФМС на машине 2070 СМТ - 1.

Ключевые слова: наплавка, порошковая проволока, флюс, термическая усталость, циклическая термичность.

Широкое распространение для наплавки изделий получила порошковая проволока ПП-Нп-35В9Х3СФ и ПП-Нп-25Х5ФМС, предназначенная для механизированной наплавки под флюсом деталей, работающих в условиях циклической термической нагрузки интенсивности изнашивания. В данной работе приведены результаты испытаний на образцах наплавленных проволокой 35В9Х3СФ (образцы 9,10) и проволокой 25Х5ФМС (образцы 5,18). Химический состав приведен в таблице 1.

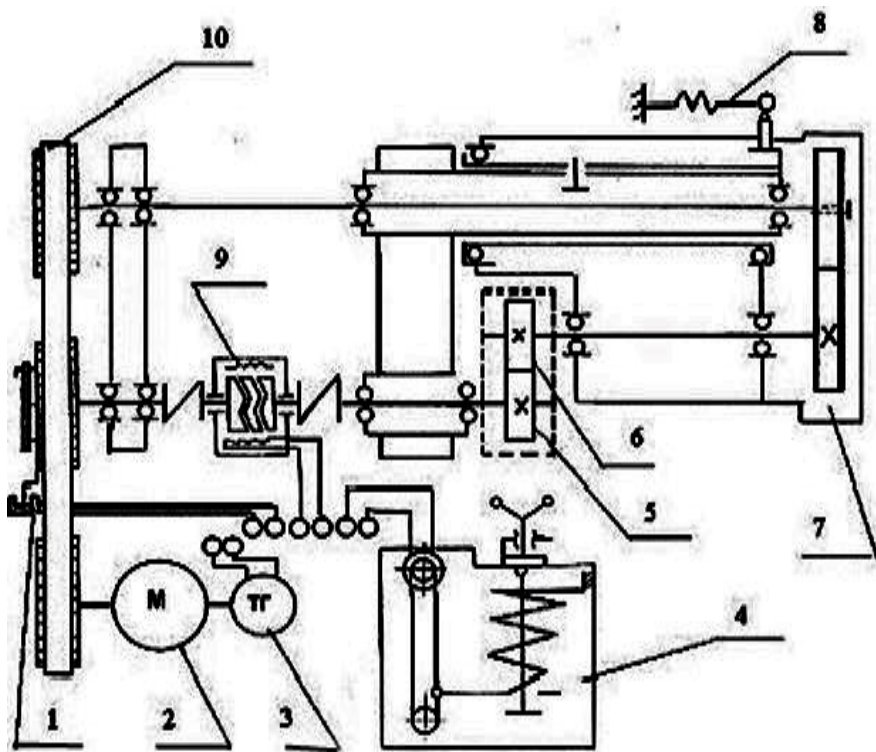
Таблица 1 – Химический состав наплавленного металла

№ образца	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Ti	W	V	Mo	Al	Co	Nb
9	0,23	0,69	1,04	1,92	0,16	0,21	0,019	5,58	0,15	0,09	0,039	0,01	-
10	0,24	0,83	1,83	2,16	0,29	0,24	0,019	7,49	0,27	0,09	0,054	-	0,017
5	0,24	0,93	2,11	3,18	0,21	0,15	0,021	0,071	0,46	0,31	0,054	-	0,012
18	0,15	1,59	1,67	3,19	0,16	0,18	0,006	0,06	0,35	1,11	0,032	-	-

С целью изучения опытных образцов провели испытания на износ в машине 2070 СМТ - 1 (рисунок 1). Машина трения 2070 СМТ-1 может работать по схеме с замкнутым и открытым силовым контуром и имеет следующее устройство: от электродвигателя 2 посредством ременной передачи 10 вращение одновременно передается на нижний 5 и верхний 6 образцы. Образец 6 установлен на валу откидной каретки 7. Каретка уравнивается пружинным механизмом 8. На валопроводе нижнего образца установлен упругий торсион датчика 9 момента трения с бесконтактным токосъемом, сигнал с которого выводится на пульт.

Нагружение образцов производится с помощью пружинного механизма 4. Величина нормальной силы регулируется поворотом рукоятки узла нагружения, а передача показаний на пульт осуществляется через гибкую связь от резистора, размещенного в данном узле.

Частота вращения измеряется с помощью тахогенератора 3, размещенного на валу двигателя, а число оборотов нижнего образца 5 – с помощью бесконтактного датчика 1. Валик, которым проводили истирание образцов изготовлен из стали Р18.



1 - датчик числа оборотов; 2 - электродвигатель; 3 - тахогенератор;  
 4 - узел нагружения; 5 - нижний образец; 6 - верхний образец; 7 - каретка;  
 8 - пружинный механизм; 9 - датчик момента трения; 10 - плоскозубая ременная передача

Рисунок 1 - Принципиальная кинематическая схема машины 20700 СМТ - 1

В таблице 2 представлены результаты испытаний образцов.

Таблица 2 - Результаты испытаний

№ образца	Частота вращения, п, об/мин	Кол – во оборотов, N, об	Нагрузка, А	Диапазоны		Вес до испытания, г	Вес после испытания, г	Величина износа, г	Скорость износа, г/мин	Время на износ, мин
				Вращения	Нагрузки					
18	20	21600	40	А	І	195	191	4	0,00171	2340
10	20	8517	40	А	І	150	149	1	0,00159	630
9	20	17712	40	А	І	172	169	3	0,0025	1200
5	20	14490	40	А	І	184	182	2	0,00167	1200

Для данной работы были выбраны параметры:

- диапазон измерения частоты вращения вала нижнего образца (диапазон А), который равен  $75 - 750 \text{ мин}^{-1}$ ;

- диапазон измерения момента трения (диапазон І), который равен  $1 - 10 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

## **СПОСОБЫ ВВЕДЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ В СВАРОЧНУЮ ВАННУ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ СВАРКИ**

**Карцев Д.С.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»  
г. Юрга, dmitkarcev@mail.ru*

В статье рассмотрены способы введения наноструктурированных порошков в сварочную ванну при различных методах сварки.

Ключевые слова: наноструктурированные порошки, механические свойства, наплавленный металл.

На сегодняшний день становится актуальным вопрос о применении наноструктурированных порошков при дуговой сварке плавящимся электродом для изменения структуры и свойств наплавленного металла. Решение данного вопроса находит затруднение в вводе порошков в жидкую сварочную ванну. Затруднение заключается в вводе данных порошков в сварочную ванну, однако, на практике уже существуют некоторые способы. Рассмотрим их.

В работе [1, С 36] представлен способ сварки с введением микрогранул никеля, содержащих нанодисперсные частицы монокарбида вольфрама, в основное покрытие промышленных электродов УОНИ 13/45 диаметром 3 мм. В процессе сварки такими электродами микрогранулы из покрытий, частично оплаваясь на границе высокотемпературной зоны плазмы дуги, попадают в сварочную ванну. В результате происходит модифицирование наплавленного металла, улучшение ударной вязкости и твердости металла шва.

Также в работе [2, С 63] представлен способ электрошлаковой сварки с введением наноструктурированных компонентов в сварочную ванну при помощи переплава дополнительного трубчатого электрода на никелевой основе, внутренняя полость которого заполнялась наноструктурированным порошком. В качестве наноструктурированных порошков применяли карбонитрид титана. В результате происходит измельчение зерна в структуре зоны термического влияния, повышение свойств металла шва.

В работе [3, С. 27; 4, С. 35] представлен способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов с нанесением наноструктурированных частиц на поверхность сварочной проволоки путем создания на проволоке микрокомпозиционного покрытия из ультра- и наноструктурированного порошка галогенидов в медной матрице. В качестве сварочной проволоки использовали G4Sil по DIN EN 440 (российский аналог Св-08Г2С) диаметром 1,2 мм. Обработку поверхности проволоки произво-

дили в электролитах с ультра- и наноструктурированными порошками. В качестве наноструктурированных порошков применяли медь. В результате происходит улучшение свойств дуги и формирования сварного шва, повышение производительности процесса сварки.

В работе [5, С. 41] представлены несколько способов введения нанопорошков в сварочную ванну:

1. никелекарбидные гранулы вводили в порошковую проволоку, оболочку которой, изготавливали из никеля марки НП-2;

2. смесь никелекарбидных гранул со связующим калий-натриевым жидким стеклом наносили тонким слоем на покрытия электродов рутилового типа марки ОК 43.32, предназначенные для сварки низкоуглеродистых сталей, и основного типа УТР 67S, используемые для наплавки износостойкого сплава;

3. наносили покрытие, содержащее никелекарбидные гранулы на поверхность стержней диаметром 2мм, изготовленных из проволоки марки Св-06Х19Н9Т.

В результате во всех трех случаях происходит модифицирование наплавленного металла, но наиболее эффективным способом введения нанодисперсных порошков в расплав сварочной ванны является размещение карбидов в тонком поверхностном слое покрытия сварочных электродов.

В работе [6 С. 16, 7, С. 7] представлен способ осаждения активирующих флюсов на поверхности пластин из коллоидных растворов с ультрадисперсными частицами размером 0,1-1 мкм. В результате происходит повышение производительности автоматической MIG/MAG-сварки и улучшение качества сварных соединений.

Анализ литературных данных показал, что вопрос о введении наноструктурированных порошков в сварочную ванну при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов малоизучен и является одной из основных задач, т. к. данный метод сварки занимает одно из ведущих мест во всех отраслях промышленности. Поэтому актуальным становится вопрос о разработке способа введения нанопорошков в сварочную ванну при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов.

#### Библиографический список

1. Соколов Г.Н., Трошков А.С., Лысак И.В., Самохин А.В., Благовещенский Ю.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Влияние нанодисперстных карбидов WC и никеля на структуру и свойства наплавленного металла. // Сварка и диагностика.- 2011. - №3.- С. 36-38.

2. Е.Н. Еремин Применение наночастиц тугоплавких соединений для повышения качества сварных соединений из жаропрочных сплавов. // Омский научный вестник.- 2009. - №3. – С. 63-67.

3. С.Г. Паршин MIG-сварка стали с применением наноструктурированных электродных материалов. // Сварочное производство.- 2011, №10, С.27-31.

4. С.Г. Паршин МАГ-сварка на основе наноструктурированных электродных материалов с галогенидосодержащими покрытиями. // Сварочное производство.- 2012, №10, С. 35-39.

5. Г.Н.Соколов, И.В.Лысак, А.С.Трошков, И.В.Зорин, С.С.Горемыкина, А.В.Самохин, Н.В.Алексеев, Ю.В.Цветков Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама. // Физика и химия обработки материалов, 2009, №6, С.41-47.

6. С.Г. Паршин Применение ультрадисперсных частиц активирующих флюсов с целью повышения производительности MIG/MAG-сварки сталей. // Сварочное производство, 2011, №6, С. 16-21.

7. С.Г. Паршин Повышение производительности MIG-сварки сталей и алюминиевых сплавов при введении ультрадисперсных частиц активирующих флюсов. // Сварочное производство, 2012, №3, С 7-11.

УДК 621.791:620.22

## **ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВОЛЬФРАМА НА МИКРОСТРУКТУРУ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА**

**Карцев Д.С.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
г. Юрга, dmitkarcev@mail.ru*

В работе рассмотрено влияние наноструктурированного вольфрама на микроструктуру наплавленного металла из стали 12Х18Н10Т.

Ключевые слова: микроструктура наплавленного металла, наноструктурированный порошок.

Изменение структурных составляющих наплавленного металла может быть достигнуто введением в сварочные материалы или непосредственно в сварочную ванну макро- и микро частиц тугоплавких соединений, а также нанодисперсных металлических и неметаллических порошков, свойства которых существенно отличаются от свойств макро- и микропорошков того же химического состава. Размер зерен при этом уменьшается, что приводит к изменению механических свойств сварного соединения [1, С. 36-37; 2, С. 43-45].

В данной работе предлагается новый способ ввода нанопорошка в зону сварки, заключающийся в дозированной подаче тугоплавких наноструктурированных частиц химических элементов в сварочную ванну с помощью устройства, через защитный газ.

Для выявления микроструктуры наплавленного металла была произведе-

дена наплавка образцов, изготовленных из стали 12X18H10T, в среде аргона проволокой 12X18H9T диаметром 1,2 мм. Наплавка производилась по двум технологическим решениям (образец №1 – наплавка в среде аргона, образец №2 - наплавка в среде аргона с добавлением W.). Для исследования микроструктуры были изготовлены поперечные шлифы на каждом образце.

Структура основного металла во всех случаях соответствует структуре горячекатаной нержавеющей стали 12X18H10T. Она представлена полиэдрическими сдвойникованными зёрнами, средний размер которых составляет  $30\pm 10$  мкм.

Наплавленный металл условно можно разделить на три слоя, структура которых существенно различна. Толщина слоев меняется в зависимости от режима сварки. На рисунке 1 представлена схема исследования микроструктуры швов.

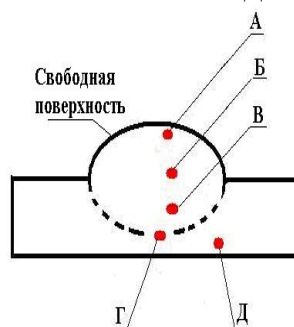


Рисунок 1 - Схема исследования микроструктуры сварного шва после травления

Точками указаны, места в которых сняты микрофотографии представленные далее. В точке Д фиксировалась структура основного металла. Точка Г соответствует структуре границы сплавления и зоны термического влияния (рисунок 2, а, б).

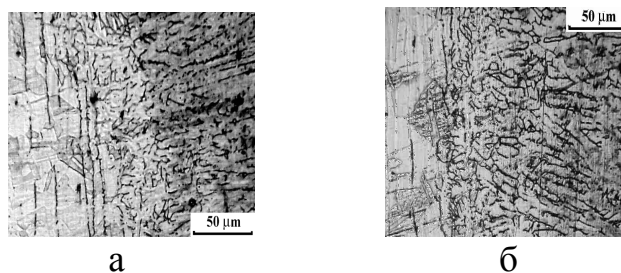


Рисунок 2 - Структура границы сплавления и зоны термического влияния: а) – образец №1, б) – образец №2

Зона термического влияния во всех образцах четко не выявляется, но имеет одинаковую величину во всех образцах. На границе сплавления происходит плавный переход от дендритной структуры наплавленного металла к полиэдрической зеренной структуре зоны термического влияния в основном металле.

Точки А, Б и В соответствуют характерным структурам отмеченных выше слоев наплавленного металла. Первый непосредственно примыкаю-

щий к свободной поверхности слой можно характеризовать как слой с полиэдрической зеренной структурой. В этом слое наряду с хаотически расположенными (неориентированными) дендритами наблюдаются полиэдрические зерна аустенита. Этот слой слабо выражен в образце №1 (рисунок 3, а). Толщина его  $\approx 0,6$  мм, что составляет 15% от общей толщины наплавленного металла. Наиболее ярко «зеренный» слой выражен в образце №2 (рисунок 3, б). Здесь хорошо видны зерна полиэдрической морфологии, которые перемежаются с островками коротких неориентированных дендритов. Толщина рассматриваемого слоя здесь  $\approx 1,3$  мм, что составляет более 30% общей толщины наплавленного металла.

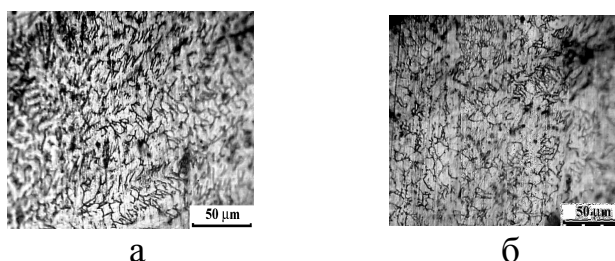


Рисунок 3 - Микроструктура слоя полиэдрических зерен:  
а) – образец № 1, б) – образец № 2

Основной микроструктурной составляющей следующего слоя являются сравнительно короткие, сильно разветвленные и не имеющие преимущественной ориентации дендриты. Этот слой опять слабо выражен в образце №1 (рисунок 4, а). Здесь его толщина составляет  $\approx 1,1$  мм, то есть, 28% от общей. Такая же толщина данного слоя и в образце №2 (рисунок 4, б), но из-за большей толщины наплавленного металла она в процентном отношении меньше – 26 %.

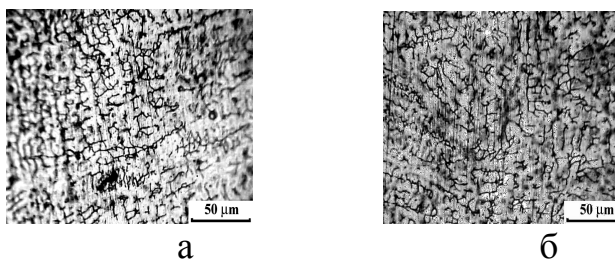


Рисунок 4 - Микроструктура слоя неориентированных дендритов:  
а) – образец № 1, б) – образец № 3

Ориентация длинных осей дендритов в рассматриваемом слое (рисунок 5, а, б) нормальна к границе сплавления, то есть, вдоль направления теплового потока в основной металл. Непосредственно перед границей сплавления строгая ориентация длинных осей дендритов снова нарушается и образуется еще один тонкий слой неориентированных дендритов толщиной около 20 мкм. Наиболее разветвленные и толстые дендриты наблюдаются в образце №1 (рисунок 5, а). Толщина дендритов составляет  $1\pm 0,5$  мкм, а ширина (расстояние между концами противоположных отростков) - мм  $21\pm 7$  мкм. В образце №2 (рисунок 5, б) ширина и толщина дендритов, соответственно,  $11\pm 4$

мкм и  $\approx 1$  мкм. Слой ориентированных дендритов в образце № 1 толщиной  $\approx 2,3$  мм, 57% от общей, в образце № 3 толщиной 1,8 мм, 43% от общей.

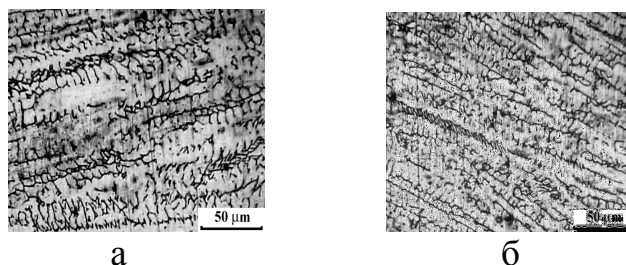


Рисунок 5 - Микроструктура слоя ориентированных дендритов:  
а) – образец № 1, б) – образец № 3

Согласно общепринятым представлениям, чем больше проявляется дендритное строение наплавленного металла и чем более грубое строение дендритов, тем хуже эксплуатационные характеристики сварного шва. С этих позиций сварной шов образца №1 уступает образцу №2.

#### Библиографический список

1. Соколов Г.Н., Трошков А.С., Лысак И.В., Самохин А.В., Благовещенский Ю.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Влияние нанодисперстных карбидов WC и никеля на структуру и свойства наплавленного металла. // Сварка и диагностика.- 2011. - №3.- С. 36-38.
2. Соколов Г.Н., Лысак И.В., Трошков А.С., Зорин И.В., Горемыкина С.С., Самохин А.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама. // Физика и химия обработки материалов.- 2009.- №6.- С. 41- 47.

УДК 621.791:620.22

## **КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 12X18H10T**

**Микулич А.Е., Карцев Д.С.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,  
г. Юрга, mik.alek@mail.ru*

В работе рассмотрено влияние наноструктурированных порошковых модификаторов на коррозионную стойкость сварных соединений.

Ключевые слова: микроструктура наплавленного металла, нанострук-



турированный порошок, коррозионная стойкость.

В сварных соединениях высоколегированных, коррозионно-стойких сталей, вследствие высокой электрохимической гетерогенности, обусловленной неоднородностью химического состава металла шва, структуры, свойств и напряженного состояния происходят наиболее интенсивные коррозионные разрушения по сравнению с основным металлом. Основной причиной разрушения трубопроводов, аппаратуры химической, металлургической, энергетической, атомной промышленности, теплоносителей [1, С. 7, 2, С. 38].

Основные трудности свариваемости данных сталей обусловлены многокомпонентностью их легирования и разнообразием условий эксплуатации сварных конструкций. Главной и общей особенностью сварки является склонность к образованию в металле шва и околошовной зоне горячих трещин, имеющих межкристаллитный характер [3, С. 41].

Для повышения стойкости против коррозионного износа, а также восстановление работоспособности оборудования, работающих в коррозионно-активных средах необходим комплексный подход, включающий создание и освоение новых методов восстановления работоспособности оборудования. В процессе эксплуатации происходит активный коррозионный износ, протекающий особенно интенсивно в зонах сварных соединений [4, С. 17]. Для повышения коррозионной стойкости сварных соединений применяют несколько способов [3 С. 42, 4, С. 18, 5, С. 12, 6, С. 5].

В работе предлагается новый способ повышения коррозионной стойкости сварных соединений. Данный способ заключается в дозированной подаче наноструктурированных частиц, через защитный газ в сварочную ванну при помощи устройства [7, С. 8].

Для экспериментальных исследований использовались образцы из стали 12Х18Н10Т в виде пластин толщиной 5 мм, сваренные плавящимся электродом в среде аргона сварочной проволокой марки 12Х18Н9Т согласно ГОСТ 14771-76. Образцы наплавлялись по четырем различным вариантам: №1 – наплавка в среде аргона; №2 – наплавка в среде аргона с добавлением Мо в защитный газ; №3 – наплавка в среде аргона с добавлением  $Al_2O_3$  в защитный газ; №4 – наплавка в среде аргона с добавлением W в защитный газ.

Для каждого режима применяли метод АМУФ ГОСТ 6032-2003, реактив и режим воздействия были выбраны из данного ГОСТа. После окончания испытаний проводилась аттестация на стойкость к межкристаллитной коррозии (МКК) металлографическим методом.

Анализ микроструктур показал, что у всех образцов выявляется зеренная аустенитная структура с примерно одинаковым размером зерна. Однако, при одном и том же времени воздействия наиболее интенсивно вытравливались границы зерен у образцов №1 и №3 (рисунки 1 и 2).

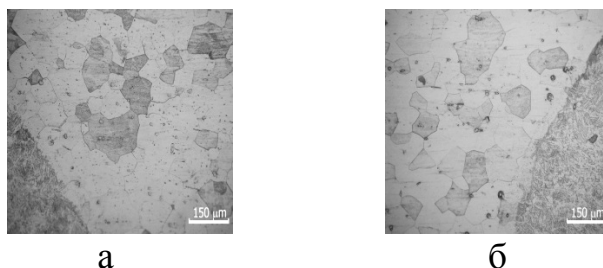


Рисунок 1 - Микроструктура металла сварного соединения (образец №1): а – после испытаний; б – контрольный образец

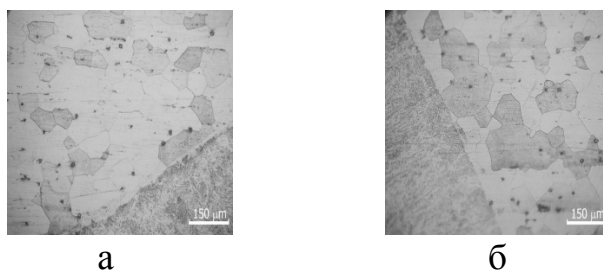


Рисунок 2 - Микроструктура металла сварного соединения (образец №3): а - после испытаний; б - контрольный образец

Наиболее слабо травились образцы №2 и №4 (рисунки 3 и 4).

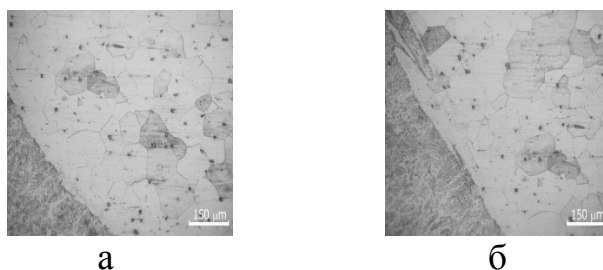


Рисунок 3 - Микроструктура металла сварного соединения (образец 2): а - после испытаний; б - контрольный образец

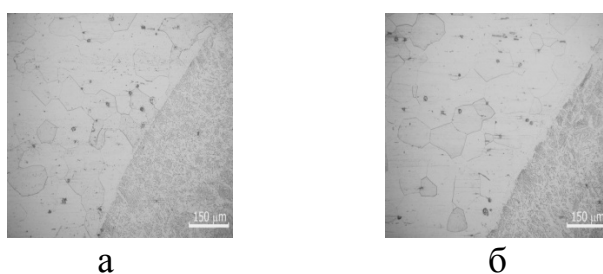


Рисунок 4 - Микроструктура металла сварного соединения (образец 4): а - после испытаний; б - контрольный образец

Оценка склонности к МКК производилась путем определения количества зерен с четко выявленными границами, ширина которых могла достигать 30 мкм. Проведенные исследования не обнаружили зерен с такой шириной границ. Самые тонкие границы зерен были у образца №5, в данном случае отмечена и наибольшая схожесть общего вида микроструктуры кон-

трольного образца и образца после испытаний в агрессивной среде.

Библиографический список:

1. В.И. Махненко, О.В. Махненко, С.С. Козлитина, Л.И. Дзюбак Сварные конструкции из аустенитной стали типа 10X18H10T в условиях радиационного распухания. // Автоматическая сварка.- 2012.- №2.- С. 7-12.
2. Е.А. Кривоносова, Е.А. Синкина, А.И. Горчаков Влияние типа покрытия электрода на коррозионную стойкость металла шва стали 08X18H10T. // Сварочное производство.- 2012.- №4.- С. 38-41.
3. Е.В. Коломийцев Коррозионно усталостная прочность тавровых соединений стали 12X18H10T и методы ее повышения. // Автоматическая сварка.- 2012.- №12.- С. 41-43.
4. Ю.Н. Сараев, Ю.В. Селиванов Оценка производительности и качества выполнения ремонтно-восстановительных работ оборудования из стали типа 12X18H10T. // Сварочное производство.-2011.- №1.- С. 17-22.
5. А.Г. Александров Коррозионная стойкость сварных соединений хромоникелевых сталей в щелочных средах (обзор). // Сварочное производство.- 1990.- № 5.- С. 12-13.
6. А.Н. Сафонов, Р.Д. Радченко Структура и коррозионная стойкость сварных соединений сталей аустенитного класса после лазерной обработки поверхности. // Сварочное производство.-1998.- № 7.- С. 5-9.
7. Кузнецов М.А., Зернин Е.А., Колмогоров Д.Е., Шляхова Г.В., Данилов В.И. Строение, морфология и дисперсность металла, наплавленной дуговой сваркой плавящимся электродом в аргоне в присутствии наноструктурированных модификаторов. // Сварка и диагностика.- 2012.-№6. С. 8-10.

УДК 621.791:620.22

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ ПОРОШКОВ-МОДИФИКАТОРОВ В СВАРОЧНУЮ ВАННУ**

**Карцев Д.С.**

**Научный руководитель: Кузнецов М.А.**

*Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
г. Юрга, dmitkarcev@mail.ru*

В статье рассмотрено устройство, при помощи которого происходит модифицирование наплавленного металла наноструктурированными порошками при дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов.

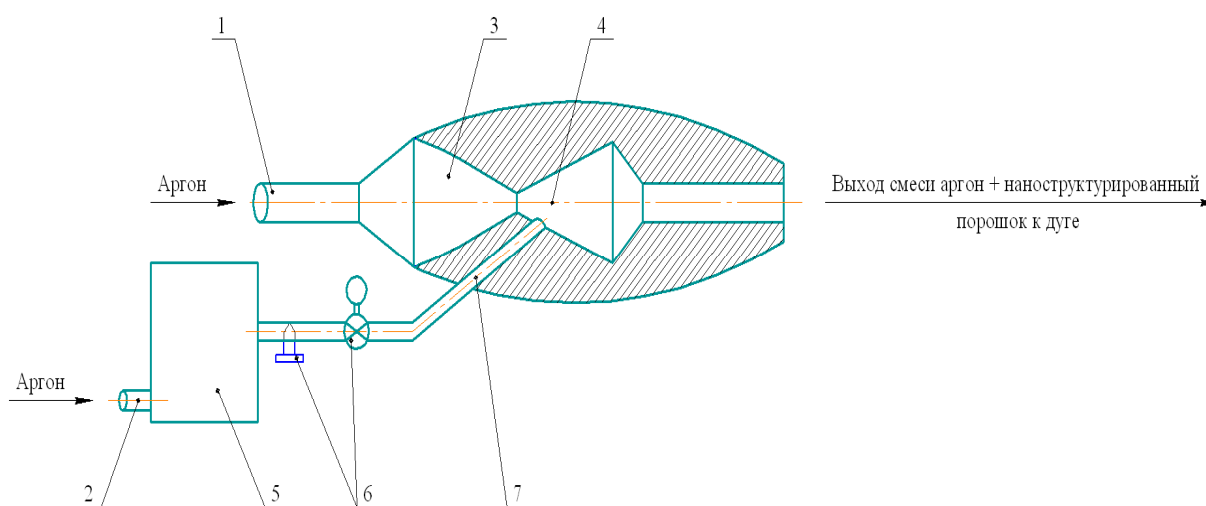
Ключевые слова: сварка плавящимся электродом.

При различных методах сварки плавлением кристаллическое строение металла шва, связанное с условиями перехода сварочной ванны из жидкого состояния в твердое, является одним из факторов, определяющих качество и свойства этого участка сварного соединения [1, С. 145].

Известно, что процесс зарождения центров кристаллизации может быть спонтанным и индуцированным [2, С. 326]. В сварочной ванне индуцированная кристаллизация обычно развивается на границе сплавления, где в качестве центров кристаллизации могут выступать тугоплавкие фазы и структурные составляющие основного металла [3, С. 230]. На практике используется намеренное введение в расплав тугоплавких частиц для увеличения числа центров индуцированной кристаллизации, которое приводит к измельчению зерна при затвердевании [1, С. 115; 2, С. 124].

В настоящее время такой прием применяется для измельчения структурных составляющих наплавленного металла [4, С. 36; 5, С. 41; 6, С. 27]. Это достигается введением в сварочные материалы или непосредственно в сварочную ванну нанодисперсных металлических и неметаллических порошков-модификаторов. Размер зерен наплавленного металла при этом уменьшается, что приводит к изменению механических свойств сварного соединения в целом [4, С. 37].

В работе предлагается новый способ введения модифицирующего порошка в зону сварки. Для реализации данного способа коллективом кафедры сварочного производства было изобретено специальное устройство, при помощи которого осуществляется дозированная подача модифицирующих наноструктурированных порошков в жидкую сварочную ванну, через защитный газ (рисунок 1).



1, 2 - ниппеля, 3 - инжектор, 4 - смесительная камера, 5 - накопитель наноструктурированных порошков, 6 - вентиль с датчиком регулировки концентрации наноструктурированных тугоплавких частиц в защитном газе, 7 - канал

Рисунок 1 - Схема устройства подачи нанопорошка в зону сварки

Устройство предназначено для получения смеси газа с нанопорошком. Оно осуществляет регулирование концентрации частиц нанопорошков в объеме защитного газа, подающегося в зону горения дуги. В устройстве смесь образуется за счет инжектирования нанопорошка защитным газом.

Через ниппель 1 подают защитный газ, который проходя, через осевой канал инжектора 3, попадает в смесительную камеру 4 и создает разрежение 80 – 300 мм. рт. ст. в канале 7. Это приводит к подсасыванию наноструктурированных тугоплавких частиц из накопителя 5. Регулировка концентрации наноструктурированных тугоплавких частиц в защитном газе осуществляется регулировочным вентилем 6. Для исключения попадания в защитный газ с наноструктурированным порошком воздуха, в накопитель 5 через ниппель 2 подается защитный газ.

Работа данного устройства заключается в следующем. Защитный газ, проходящий через ниппель и осевой канал инжектора, попадает в смесительную камеру, что создает разрежение в канале между смесительной камерой и накопителем, приводящее к подсасыванию наноструктурированных порошков из накопителя. Наноструктурированные порошки через защитный газ проходят дуговой промежуток, и, попадая в сварочную ванну, служат дополнительными центрами кристаллизации при образовании зерна микроструктуры сварного шва, т.к. не растворяются в жидкой сварочной ванне в связи с их высокой температурой плавления. Увеличение количества центров кристаллизации в жидкой сварочной ванне приводит к образованию мелкодисперсной, однородной микроструктуры сварного соединения.

Технический результат, полученный при использовании предложенного способа модифицирования наплавленного металла при дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов через специальное устройство, рассмотренное выше, состоит в следующем:

1) появляется возможность контролировать количество центров кристаллизации за счет регулировки концентрации наноструктурированных порошков в защитной газовой смеси;

2) происходит уменьшение размера зерна металла шва. Размер дендрита уменьшается по толщине на 33 %, по ширине на 42 %;

3) происходит образование однородной микроструктуры  $\Delta l = 8 \text{ мкм}$  ( $\Delta l$  – разность между самым большим и самым маленьким дендритом).

#### Библиографический список

1. Лившиц Л.С. Металловедение для сварщиков (сварка сталей). – М.: Машиностроение.- 1979.- 253 с.

2. Материаловедение / Арзамасов Б.Н., Мухин Г.Г. Макарова В.Н., Рыжов Н.М.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.- 2004.- 648 с.

3. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Макаров, В.М. Неровный, Б.Ф. Якушин; Под ред. В.М. Неров-

ного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.- 2007.-559 с.

4. Соколов Г.Н., Трошков А.С., Лысак И.В., Самохин А.В., Благовещенский Ю.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Влияние нанодисперстных карбидов WC и никеля на структуру и свойства наплавленного металла. // Сварка и диагностика. Материаловедение.- 2011.- №3. - С. 36-38.

5. Соколов Г.Н., Лысак И.В., Трошков А.С., Зорин И.В., Горемыкина С.С., Самохин А.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама. // Физика и химия обработки материалов.- 2009.- №6.- С. 41 - 47.

6. С.Г. Паршин MIG-сварка стали с применением наноструктурированных электродных материалов. // Сварочное производство.- 2011.- №10.-С.27-31.

УДК 622.6

## **ЭКСЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА И СЖИГАНИЯ ВТОРИЧНОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ТБО**

**Рязанова Н.В.**

**Научный руководитель: д.т.н. профессор Волынкина Е.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Важнейшей особенностью географической оболочки Земли является наличие в ней круговоротов вещества и связанной с ним энергии. Круговороты обеспечивают многократность одних и тех же процессов и явлений, а также направленный характер их развития. Движущей силой круговоротов веществ является энергия.

Неиссякаемым источником энергии на Земле является световая энергия Солнца. Эта энергия накапливается в природных ресурсах, которые, совершая работу, преобразуются в другие виды энергии или в полезную продукцию для жизнедеятельности людей, которая в свою очередь обладает частью энергии, привнесенной с природными ресурсами, т.е. частью солнечной энергии. В результате этих процессов получается не только полезная продукция, но и отходы. В процессе использования полезной продукции образуются отходы потребления, в том числе твердые бытовые отходы (ТБО). Отходы также обладают энергией, которой первоначально обладали природные ресурсы.

Таким образом, энергия, накопленная в природных ресурсах не рассеивается, не исчезает, а переходит в другие виды, в этом заключается суть глобального распределения энергии (рисунок 1).

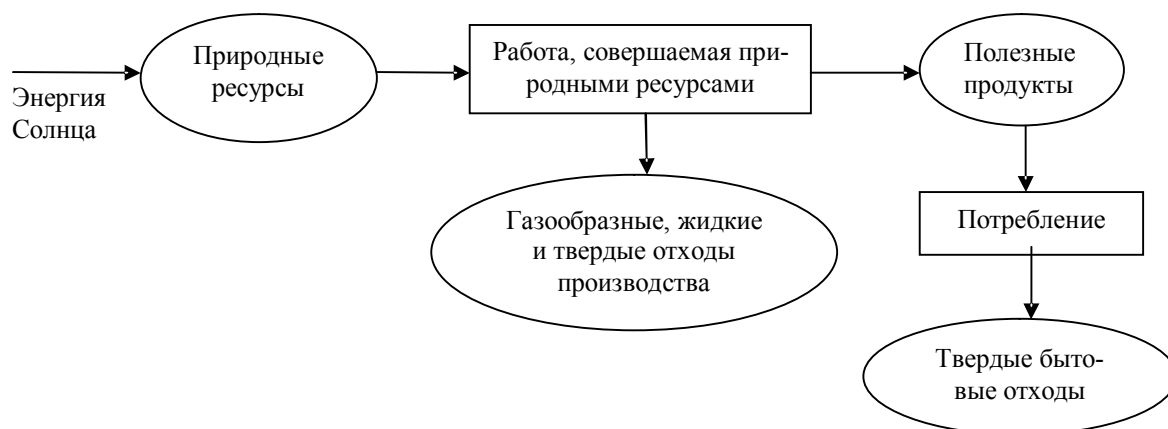


Рисунок 1 – Схема глобального распределения энергии

Энергия – это мера движения и взаимодействия различных видов материи. При любых процессах в изолированной системе энергия не производится и не уничтожается, она может только переходить из одной формы в другую: световая энергия Солнца – в химическую энергию растений, химическая энергия – в тепловую, тепловая – в механическую, механическая – в электрическую и т.д. Поток энергии характеризует настоящее состояние экосистемы и во многом определяет ее дальнейшее развитие. Поэтому логично применение для оценки состояния экосистемы энергетического параметра.

В последние годы в качестве универсальной меры для оценки количества возможного преобразования энергии (работы) используют эксергию. Е.П. Волынкиной [1] предложено использовать эксергию в качестве индикатора развития техногеоэкосистем, показателя степени их организованности.

Эксергия представляет собой количество работы, которое может быть получено внешним приемником энергии при обратимом взаимодействии термодинамической системы (потока энергии) с окружающей средой до установления полного равновесия.

В данной работе эксергетический метод впервые использован для энергетической оценки твердых бытовых отходов и технологических процессов их переработки в производстве вторичного топлива RDF и его последующего сжигания на мусоросжигательном заводе.

Для энергетической оценки эксергетическим методом твердых бытовых отходов был проведен анализ, целью которого явился выбор наиболее достоверного значения химической эксергии для расчета химической эксергии ТБО.

Химическую эксергию компонентов ТБО определяли тремя методами [2]:

- по элементному составу:

$$e_x = \sum v_i \cdot e_{x,i}^v, \quad (1)$$

где  $v$  – доля  $i$ -го химического элемента или соединения в единице рассматриваемого соединения;

$e_{x,i}^v$  – удельная химическая эксергия  $i$ -го элемента или соединения.

- по химическому соединению (аналогично расчету по элементному составу);

- по теплоте сгорания (для горючих компонентов):

$$e_x = Q_{\Sigma}^{\text{н}}, \quad (3)$$

где  $Q_{\Sigma}^{\text{н}}$  – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

Проанализировав результаты расчетов, можно сделать вывод о том, что методами расчета эксергии, позволяющими получить достоверные значения эксергии, являются методы расчета по соединениям и/или по низшей теплоте сгорания, которая может быть определена как расчетным, так и экспериментальным методом. В связи с этим были приняты следующие значения химической эксергии для компонентов ТБО (таблица 1).

Таблица 1 – Принятые значения химической эксергии компонентов ТБО

Компоненты ТБО	Значения химической эксергии, кДж\кг	Способ определения химической эксергии
Бумага	14205	по теплоте сгорания
Древесина	13430	по теплоте сгорания
Черные металлы	6567	по элементному составу
Цветные металлы	30721	по элементному составу
Стекло	1683,2	по химическому соединению
Пищевые отходы	3430	по теплоте сгорания
Текстиль	14387	по теплоте сгорания
Резина	35548	по теплоте сгорания
Кости	33945,3	по элементному составу
Пластмасса		
-ПЭ	46608	по химическому соединению
-ПП	45688	по химическому соединению
-ПЭТ	21413,9	по теплоте сгорания
-Полистирол	40711	по химическому соединению
-ПВХ	18999	по химическому соединению
-ПММА	24507,7	по теплоте сгорания
-Поликарбонат	32606	по химическому соединению
-ПА	29429	по теплоте сгорания
-АБС-пластик	38840	по химическому соединению
-Полиуретаны	2589	по теплоте сгорания

Удельную химическую эксергию отсева (менее 15 мм) приняли равную 7 % от удельной химической эксергии ТБО.

Для расчета химической эксергии принимаем следующий морфологический состав ТБО (в %) [20]:

- бумага, картон, бумажные упаковки - 29;
- пищевые отходы - 34;
- дерево - 3;
- металл черный - 2;
- металл цветной - 1;



- текстиль - 7;
- кости, камни, фаянс, стекло - 8;
- кожа, резина, обувь - 4;
- различные пластмассовые изделия - 5;
- отсев (частицы менее 15 мм) - 7.

Рассчитанная удельная химическая эксергия ТБО по принципу аддитивности равна 12352 кДж/кг.

Далее были составлены энергетические балансы эксергетическим методом для технологических схем производства (рисунок 2) и сжигания (рисунок 3) вторичного топлива на основе ТБО в условиях мусоросжигательного завода.

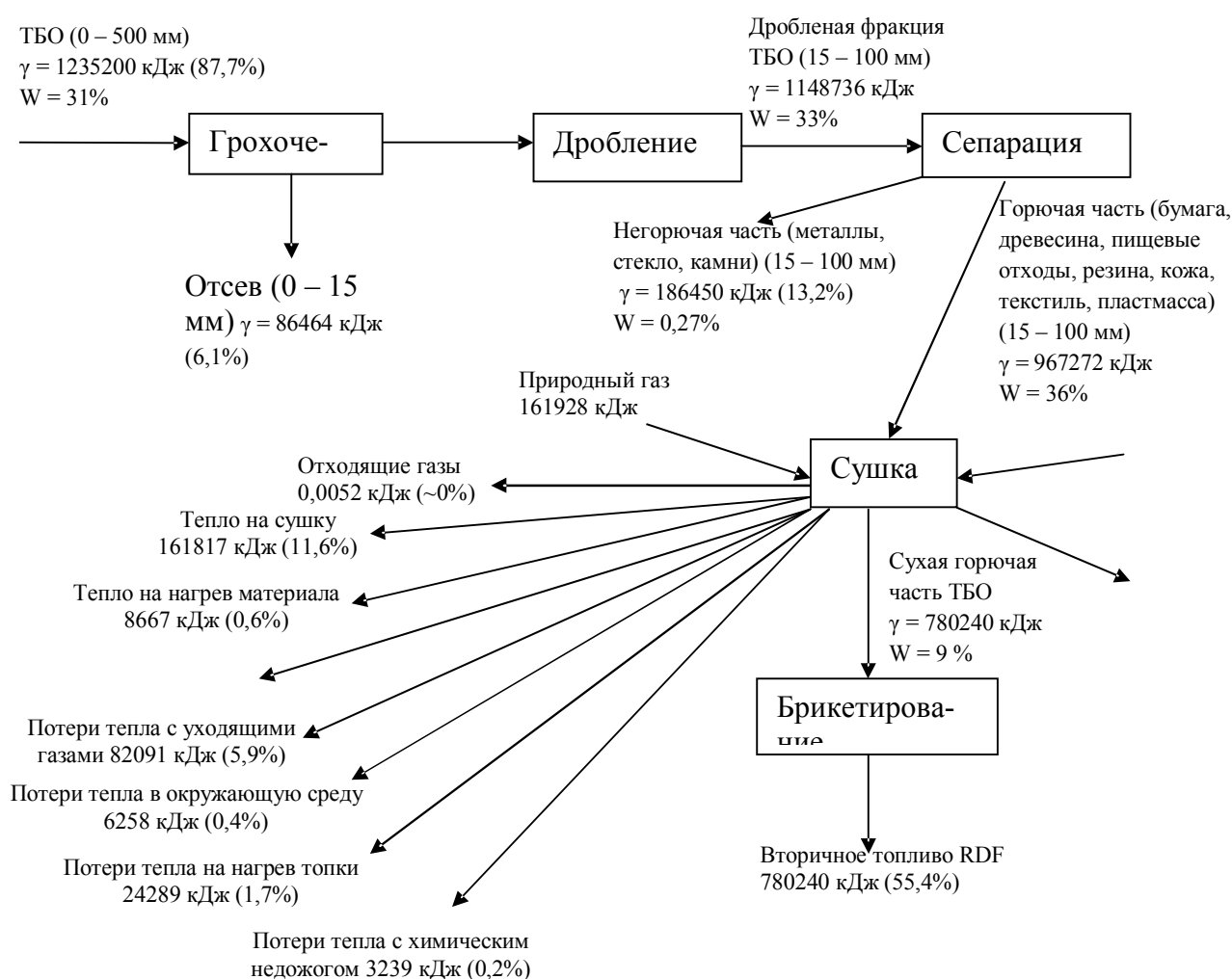


Рисунок 2 – Распределение энергии при производстве вторичного топлива (RDF) из ТБО

Таким образом, в производство вторичного топлива RDF приход эксергии составил 1408547 кДж, в том числе химической – 1408547 кДж, или ~ 99,999 % и тепловой –  $0,491 \cdot 10^{-3}$  кДж, или ~ 0,001%.

Основная часть эксергии поступила в производство вторичного топлива с твердыми бытовыми отходами – 1235200 кДж (87,7 %). Остальная часть

эксергии поступила с природным газом – 161928 кДж (11,5 %) и сжатым воздухом – 11419 кДж (0,8 %).

Полезноиспользованная эксергия на производство основной продукции – вторичного топлива составила 780240 кДж, или 55,4 %.

Эксергетический КПД производства вторичного топлива RDF равен 55,4 %, Это означает, что полезно используется 55,4 % эксергии, а 44,6 % составляют потери эксергии в технологическом процессе.

Что касается сжигания вторичного топлива RDF, приход эксергии в процесс сжигания вторичного топлива составил 910466 кДж, в том числе химической – 910466 кДж, или ~ 99,999 % и тепловой – 0,24 кДж, или ~ 0,001 %.

Основная часть эксергии поступила в процесс сжигания с вторичным топливом RDF – 780240 кДж (85,70 %).

Полезно использованная эксергия на производство основной продукции – электроэнергии составила 327701 кДж, или 36 %.

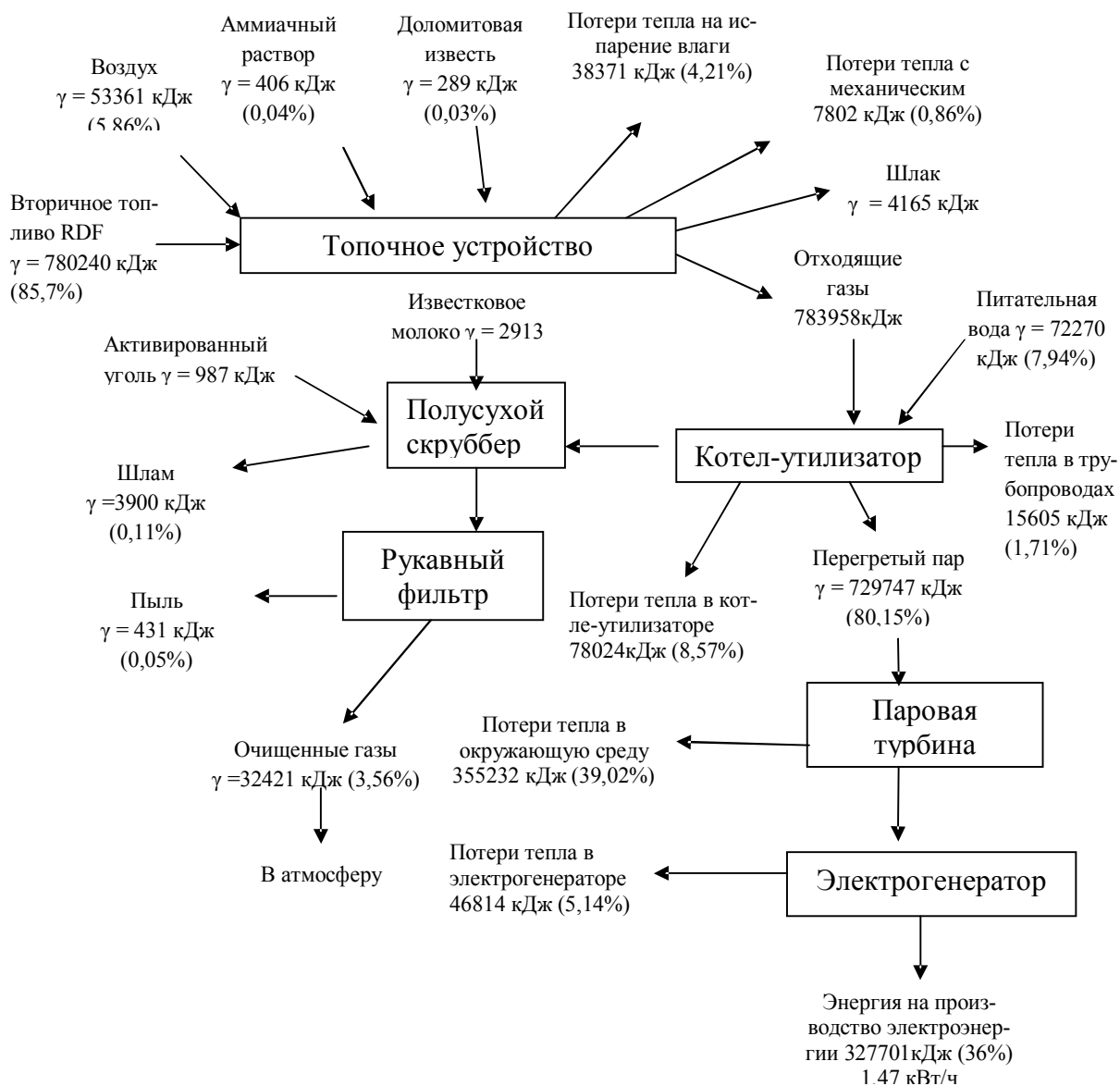


Рисунок 3 – Распределение энергии при сжигании вторичного топлива RDF

Эксергетический КПД сжигания вторичного топлива RDF равен 36 %. Это показывает, что 36% эксергии полезно используется, а 64% составляют потери эксергии в технологическом процессе.

Проведя эксергетический анализ полученных балансов производства и сжигания вторичного топлива RDF, можно сделать вывод о том, что первоначально содержащаяся эксергия в ТБО почти в 4 раза уменьшилась в процессе получения конечной цели – электроэнергии.

В процессе производства электроэнергии, эксергия вторичного топлива переходила в эксергию отходящих газов, которая в свою очередь перешла в эксергию насыщенного перегретого пара. Эксергия насыщенного пара в паровой турбине преобразовалась в механическую энергию, которая в электрогенераторе преобразовалась в электрическую.

Энергия полученная от Солнца, не исчезает, не испаряется, а преобразуется и переходит в другие виды энергии. Процесс преобразования эксергии показали на примере получения электрической энергии (1,47 кВт/ч) из вторичного топлива RDF (780240 кДж), полученное на основе ТБО (1235200 кДж).

Используемый эксергетический метод дает не только картину целевого потребления энергии всех видов и отражает степень совершенства технологических процессов, но позволяет учитывать качественные различия подводимых видов энергии, правильно установить места и причины возникновения потерь эксергии, найти пути их устранения.

#### Библиографический список

1. Волынкина Е.П. Развитие концепции управления отходами и разработка методологии её реализации на металлургическом предприятии [Текст]// Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Новокузнецк. – 2007. – 404 с.

2. Степанов В.С. Химическая энергия и эксергия веществ: 2-е изд., перераб. и доп. / В.С. Степанов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 163 с.

3. Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник / А.Н. Мирный [и др.]; под ред. А.Н. Мирного. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990.- 413с.: ил. – ISBN 5-274-00279-X.

## **АКТУАЛЬНОСТЬ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРАХОВАНИЯ ЖИЗНИ ОТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Мухарев В.Ю.**

**Научный руководитель: к.х.н., доцент Лежава С.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья о страховании жизни на производстве. Рассматриваются актуальность и некоторые из важнейших особенностей страхования жизни от несчастных случаев на производстве. В качестве примера предприятия с обязательным страхованием жизни и здоровья сотрудников приведен ЕВРАЗ-ЗСМК. Рассмотрены также особенности страхования за рубежом.

Ключевые слова: страхование жизни, несчастный случай, промышленность, добровольное страхование жизни, обязательное страхование жизни.

Абсолютно все виды человеческой деятельности связаны с риском потерять жизнь и здоровье.

Особенно актуально это именно для работников тяжелой промышленности, металлургии, угледобывающей промышленности, строительстве, это одни из самых опасных видов человеческой деятельности. Все чаще встает вопрос о страховании жизни от несчастных случаев.

Итак, немного теории. Страхование - это такой вид необходимой общественно полезной деятельности, при которой граждане и организации заранее страхуют себя от неблагоприятных последствий в сфере их материальных и личных нематериальных благ путем внесения денежных взносов в особый фонд специализированной организации (страховщика), оказывающей страховые услуги, а эта организация при наступлении указанных последствий выплачивает за счет средств этого фонда страхователю или иному лицу обусловленную сумму [4, С. 7-10].

Страхование жизни классифицируется по видам: форма проведения (обязательное и добровольное), цель (рисковое и накопительное), сроку (краткосрочное и долгосрочное).

Статистика несчастных случаев на производствах говорит, кроме всего, и о том, что очень часто работники попадали в беду, не участвуя непосредственно в трудовом процессе, подлежащем страхованию, просто потому, что шли мимо опасного участка, например, по дороге на свой участок. Известен случай, произошедший с реальным сотрудником ЕВРАЗ-ЗСМК: работник проектного бюро шел в столовую, проходил мимо трубы, через которую идет под давлением пар, и тут трубу прорвало. Этот человек отделался

легким испугом и несильным ожогом, но могло бы быть гораздо страшнее. И именно в такие моменты стоит вспомнить о страховании своей жизни.

Страховать свою жизнь в обязательном порядке должны те категории работников, которые непосредственно работают в условиях повышенной опасности и(или) вредности производства. Это шахтеры, работники «горячих» цехов на металлургических предприятиях, работники энерго- и теплостанций и прочие. В случае обязательного страхования жизни на производстве непременно оговаривается со страховщиком страховой случай - фактически наступившее событие, которое предусмотрено законом или договором страхования и влечет возникновение обязанности страховщика произвести страховую выплату.

Нами был рассмотрен Новокузнецкий ЕВРАЗ-Объединенный ЗСМК в качестве примера предприятия, на котором введено обязательное страхование жизни и здоровья сотрудников. Предприятия ЕВРАЗа раскиданы по всей стране и за ее пределами, поэтому для них более чем важно не отставать от «мира сего» во всех аспектах, в том числе и в сфере страхования сотрудников.

Среди основных программ помощи: медицинское страхование, оплата расходов на стоматологию, страхование жизни, краткосрочные и долгосрочные пособия по утрате трудоспособности, помощь в получении образования, оплачиваемые отпуска и выходные дни, возмещение командировочных расходов, программы поддержки здоровья и пенсионные схемы.

Сотрудники могут выбрать из целого ряда страховых программ, некоторые из которых распространяются и на членов семей сотрудников, а также ряда пенсионных программ. Расходы по ним покрываются работодателем и работниками на принципах софинансирования. В случае болезни или утраты дееспособности выплачиваются пособия по недееспособности. Отпускные выплаты осуществляются в соответствии с местным трудовым законодательством.

В рамках этой работы так же были опрошены несколько работников ЕВРАЗ ЗСМК, с целью узнать мнение рабочих по данному вопросу. «Я доволен условиями страхования на предприятии, - говорит сотрудник подразделения АСУ ТП «Сибирь» на ЕВРАЗ ЗСМК в Новокузнецке, чье имя не разглашается с целью анонимности, - Знаю, что если, не дай Бог, меня не станет, семья не останется без помощи. Хоть я и работаю в подразделении, не связанным с пребыванием в душных, жарких цехах, где можно чем-нибудь обжечься, задохнуться или надыхаться, на таком крупном предприятии всякое случиться может. И предприятие делает все, чтобы мы приходили на работу с уверенностью в завтрашнем дне».

Статистика причин несчастных случаев на предприятии подтверждает, что чаще всего, в них виноваты сами сотрудники. 50 процентов трагедий происходит из-за опасных действий работников. Люди пренебрегают рисками, со временем человек перестает думать об опасности, рассчитывая на

авось. Еще 13 процентов – это нарушение регламента работ, когда нарушаются технологии и очередность выполняемых задач. 14 процентов – это выполнение того, что не указано в наряде.

За рубежом, в частности, в Европе уже довольно давно там перешли на накопительное страхование – целый комплекс страховых условий, более универсальный, чем по-отдельности добровольное или обязательное страхование, краткосрочное или долгосрочное. 90% людей предпочитают его не только обыкновенному страхованию жизни, но и в качестве альтернативы банковским вкладам. Страховой полис не сильно отличается от обычного банковского вклада. Договор со страховой компанией заключается на длительный срок, обычно не менее 20 лет. Может быть вариант, когда он рассчитан до определенного возраста. Сумма накоплений включает в себя внесенные деньги плюс процент. По достижении оговоренного термина клиент, на выбор, может получить все деньги целиком или по частям, как доплату к пенсии. В случае смерти владельца полиса, его близкие получают всю сумму. Страховой полис выполняет сразу несколько функций: пенсионного страхования, долгосрочных инвестиций, гарантии стабильности семье в случае потери кормильца [5].

Одной из важнейших проблем создания полномасштабного страхового рынка в России является формирование современной законодательной базы, которая удовлетворяла бы интересы страхователей и страховщиков в проведении страховых операций. Наука и практика должны искать пути дальнейшего развития страхования, улучшения условий действующих и разработку перспективных видов личного страхования, отвечающих потребностям граждан.

#### Библиографический список

1. Гражданский кодекс РФ (ГК РФ) от 26.01.1996 N 14-ФЗ - Часть 2, гл. 48// Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [Электронный ресурс] / Компания «Консультант Плюс». – Посл. Обновление 28.12.2013.
2. Худяков А.И., Теория страхования, - М.:Стутут, 2010.- 656с.
3. Страхование: учебное пособие для ВУЗов, Сплетухов Ю.А. Москва, «ИНФРА-М», 2013.- 356с.
4. Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве постатейные разъяснения официальных органов, сост. А.В. Верховцев, Москва, «ИНФРА-М».- 2001.- 151с.
5. Накопительное страхование, <http://www.strahtarif.ru>.
6. Развитие лидеров – EVRAZ, <http://www.evraz.com>.

## ВАРИАНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО АГРЕГАТА ТИПА СЭР

**Петрачков С.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Оленников А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, oaa@cirkul-m.ru*

Рассмотрен один из возможных вариантов использования вторичной энергии отходящих газов металлургического агрегата типа СЭР [1]. Представлена принципиальная схема энергоиспользования с подробным описанием процессов протекающих в газовом и гидравлическом тракте котла-утилизатора.

Ключевые слова: отходящий газ, физическое тепло, котел-утилизатор, электрогенератор, конденсатор, паровая турбина.

Возможность и эффективность использования энергии отходящих газов металлургического агрегата типа СЭР в энергетических теплоиспользующих установках зависит от множества факторов, таких как расход отходящих газов, температура, давление и режим поступления.

Одним из перспективных является вариант теплоиспользования с целью выработки электрической и тепловой энергии [2, 3]. Принципиальная схема такого варианта представлена на рисунке 1.

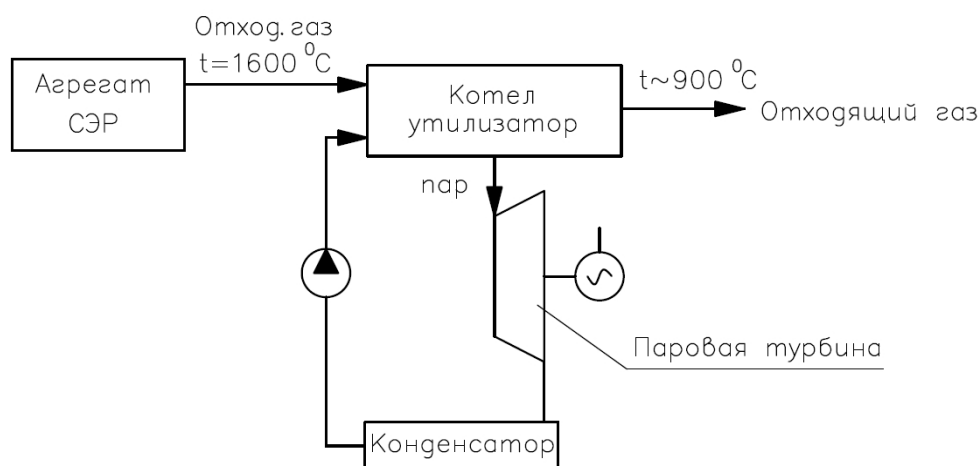
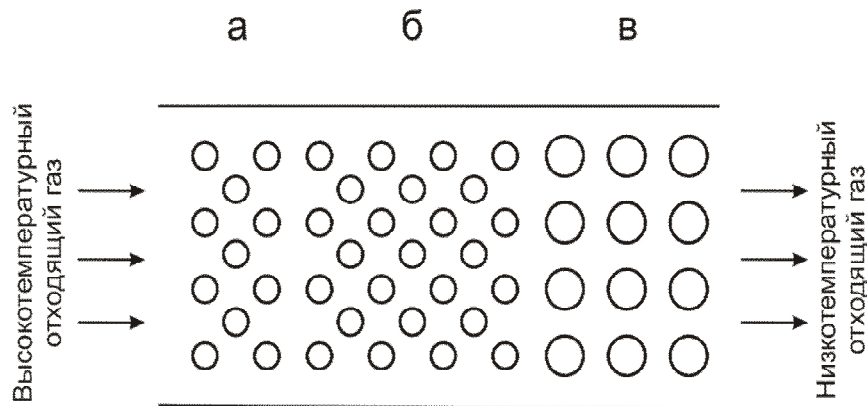


Рисунок 1 – Принципиальная схема утилизации энергии отходящих газов

Представленная схема состоит из металлургического агрегата от которого по газоходу движется высокотемпературный отходящий газ порядка 1600 °C и поступает в котел-утилизатор, который представляет собой сложный теплотехнический аппарат (рисунок 2), состоящий из таких основных элементов как барабаны, пароперегреватель, испарительные секции и водяной экономайзер. Последние расположены непосредственно в газовом трак-

те котла-утилизатора и могут иметь конфигурацию пучков труб, как показано на рисунке 2.



а – пароперегреватель, б – испарительные секции, в – водяной экономайзер

Рисунок 2 - Продольный разрез стандартного котла-утилизатора

Между высокотемпературным газом и пучками труб протекает процесс сложного теплообмена и тепловая энергия передается от отходящего газа к стенкам труб. Количество  $dQ$  тепловой энергии переданное поверхности пучкам труб  $dF$  рассчитывается по следующей формуле:

$$dQ = k(t_g - t_o)dF,$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$t_g, t_o$  – соответственно температура отходящего газа и окружающей среды, °C;

$F$  – площадь тепловоспринимающей поверхности, м<sup>2</sup>.

Коэффициент теплопередачи для труб котла-утилизатора выражается как для многослойной цилиндрической стенки:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{в.о.}}{\lambda_{в.о.}} + \frac{1}{a_2}},$$

где  $a_1, a_2$  – коэффициенты теплоотдачи от греющей среды к стенке и от стенки к обогреваемой среде, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\delta_3/\lambda_3 = \varepsilon$  – тепловое сопротивление загрязняющего слоя (коэффициент загрязнения), (м<sup>2</sup>·°C)/Вт;

$\delta_m/\lambda_m$  – толщина, м и коэффициент теплопроводности металла стенки трубы, Вт/(м·°C);

$\delta_{в.о.}/\lambda_{в.о.}$  – толщина, м и коэффициент теплопроводности слоя отложений на внутренней поверхности труб, Вт/(м·°C). Принимается, что котел должен работать в нормальном режиме, без отложений на внутренней поверхности, поэтому принимается  $\delta_{в.о.}/\lambda_{в.о.} = 0$ .



Циркулирующая вода и/или пароводяная смесь, получив тепловую энергию, поступает в барабаны котла, который используется для: разделения пароводяной смеси, поступающей из подъемных обогреваемых труб, на пар и воду и сбор пара; приема питательной воды из водяного экономайзера либо не посредственно из питательной магистрали; внутрикотловой обработки воды (термическое и химическое умягчение воды); непрерывной продувки и т.д.

Таким образом, образовавшийся перегретый пар в верхней части барабана котла с температурой порядка  $300^{\circ}\text{C}$  и давлением около 4 МПа поступает на паровую турбину (рисунок 3) на валу которой установлен электрогенератор. Число оборотов турбины ограничено 3000 с целью получения частоты тока 50~60 Гц. Номинальная мощность турбины может варьироваться от 100 до 200 кВт при этом расход перегретого пара на турбину составит от 2,5 до 7 т/ч. Напряжение, выработанное на клеммах генератора около 600 В.



Рисунок 3 – Паровая турбина с установленным на валу электрогенератором

Далее пароводяная смесь, образовавшаяся на выходе из паровой турбины, попадает в конденсатор, а затем при помощи группы насосов попадает обратно в котел для дальнейшего нагрева.

#### Библиографический список

1. Пат. 2272849 Россия С1. Способ получения металлов из рудных материалов и агрегат для его осуществления / В.П. Цымбал, С.П. Мочалов.– 2004122183/02; Заявлено 19.7.2004; Опубл. 27.3.2006, Бюллетень РСТ, Бюл. 9; Приоритет 19.7.2004.- 12с.:ил.
2. Оленников А.А. Варианты и оценка эффективности использования вторичных энергоресурсов для агрегатов жидкофазного восстановления / Оленников А.А., Цымбал В.П. // Изв. Вузов. Чер. металлургия.- 2008, №6.- С. 43-51.

3. Оленников А.А. Схема энерго-металлургического комплекса на основе агрегата типа СЭР / Оленников А.А., Мочалов С.П., Цымбал В.П. // Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: сборник докладов второй международной научно-практической конференции.- Новокузнецк.- СибГИУ, 2008.- С. 186-189.

УДК 669.146

## **ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ ФЕРРИТО-ПЕРЛИТНОГО КЛАССА**

**Бондарь М.В., Габинет И.С.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Старовацкая С.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, Marija142@yandex.ru*

Установлено соответствие фрактальной размерности и изменений микроструктуры сталей феррито-перлитного класса, происходящих при термической обработке. В результате работы показана связь фрактальной размерности и изменений микроструктуры стали при фазовых переходах, что позволяет утверждать, что фрактальную размерность можно использовать как количественный показатель структурных изменений в металле при внешних энергетических воздействиях.

Ключевые слова: фрактал, фрактальная размерность, фрактальный анализ, фазовый переход, метод триангуляции, структура.

Целью проведенной работы явилось установление соответствия фрактальной размерности и изменений микроструктуры металла, происходящих при термической обработке.

Известны три способа определения фрактальной размерности поверхности. Этим трем способам соответствуют три вида определяемых фрактальных размерностей: фрактальной размерности поверхности  $D_f$ , фрактальной размерности контура  $D_C$  и фрактальной размерности профиля  $D_L$ , связанных между собой соотношением

$$D_C = D_L = D_f - 1 \quad (1)$$

Для определения фрактальной размерности поверхности используется так называемый метод триангуляции. Вычисление фрактальной размерности поверхности методом триангуляции заключается в последовательной аппроксимации поверхности исследуемого участка набором пирамид и измерением площади их боковых поверхностей.

При фрактальном анализе профиля поверхности профиль получается путем сечения поверхности плоскостью, перпендикулярной плоскости образца.

В качестве модельных материалов использовались нелегированные стали, с разным содержанием углерода – низкоуглеродистая сталь Ст3 (0,16 масс.%) и Ст60 (0,58 масс.%). Для проведения эксперимента было взято 6 образцов стали марки Ст 3 и 6 образцов стали марки Ст 60.

Образцы стали нагревались до определенных температур, согласно плану эксперимента, после выдержки в печи структура фиксировалась быстрым охлаждением в воду.

После обработки цифровых изображений микроструктуры рассчитывалась фрактальная размерность поверхности микрошлифов.

С помощью предложенного алгоритма были построены зависимости  $\ln(L/L_0)$  от  $\ln(\delta)$  для стали 3 и для стали 60. Для определения среднего значения фрактально размерности поверхности одного из образцов, измеряли кривую в трех разных местах одной поверхности.

Анализ данных показал, что фрактальная размерность оказалась чувствительной к структурным изменениям, происходящим при фазовых переходах.

В результате работы показана связь фрактальной размерности и изменений микроструктуры стали при фазовых переходах. Таким образом, можно утверждать, что фрактальную размерность можно использовать как количественный показатель структурных изменений в металле при внешних энергетических воздействиях.

УДК 621.74:669

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВНЕШНИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗАТВЕРДЕВАЮЩИЙ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ СЛИТОК РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ**

**Бильская А.И.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Фейлер С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Выполнен сравнительный анализ развития кристаллизационных и ликвационных процессов по сечению заготовки, полученной на МНЛЗ, оборудованной системами электромагнитного перемешивания металла в кристаллизаторе и мягкого обжатия и без них.

Ключевые слова: рельсы, непрерывная разливка, МНЛЗ, ликвация, электромагнитное перемешивание, мягкое обжатие.

Российская Федерация занимает одно из ведущих мест в мире по объему производства рельсовой продукции, по количеству разработок и исследований, направленных на повышение ее качества. При этом производство рельсов сосредоточено в Урало-Сибирском регионе на предприятиях ОАО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ НТМК) и

ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЕВРАЗ ЗСМК), входящих в структуру ООО «ЕвразХолдинг».

Стратегическая программа развития железнодорожного транспорта России до 2030 года предусматривает строительство более 20 тысяч километров новых дорог, создание скоростных и высокоскоростных пассажирских линий, а также существенное повышение объемов грузоперевозок. Для решения этих задач необходимо как увеличение объемов производства рельсов, так и повышение их качества. В настоящее время металлургическая промышленность должна обеспечить производство рельсов для высокоскоростного железнодорожного транспорта, скорость движения по которым могла бы достигать 200...350 км/ч. Для уменьшения количества сварных стыков, которые являются наиболее слабым местом бесстыкового железнодорожного пути, необходимо перейти от использования рельсов длиной 25 м, выпускаемых отечественными предприятиями, к рельсам длиной 50 - 100 м.

Современные требования ОАО «Российские железные дороги» к качеству и эксплуатационной стойкости рельсов могут быть обеспечены при постоянном совершенствовании технологии производства этой ответственной продукции.

Модернизация электросталеплавильного производства ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», осуществленная в конце 1990-х - начале 2000-х годов и завершенная реконструкцией машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) в 2012 г, позволила перейти к выпуску железнодорожных рельсов нового поколения, отличающихся повышенной чистотой стали по неметаллическим включениям, пониженной газонасыщенностью, значительно меньшим содержанием вредных примесных элементов.

При реконструкции МНЛЗ увеличено сечение заготовки с 300×330 мм до 300×360 мм и установлены системы электромагнитного перемешивания металла в кристаллизаторе и мягкого обжатия.

Для анализа эффективности работы систем внешних динамических воздействий на затвердевающий слиток выполнено исследование ликвации элементов по сечению непрерывнолитой заготовки до и после реконструкции МНЛЗ. Исследование проводили с использованием проб поперечного сечения непрерывнолитой заготовки), полученных при разливке рельсовой стали марки Э76Ф, выплавленной в 100-т дуговой сталеплавильной печи, при дальнейшей внепечной обработке на агрегате «ковш-печь» и вакууматоре камерного типа.

Установлено, что размер кристаллических зон (таблица 1) в непрерывнолитом слитке до и после реконструкции МНЛЗ различен. Воздействие электромагнитного поля при кристаллизации слитка способствует ускорению перехода от зоны столбчатых кристаллов к зоне неориентированных равноосных кристаллов и увеличению корковой зоны слитка.

Таблица 1 – Размер кристаллических зон в непрерывнолитых слитках, мм

	Корковая зона	Зона столбчатых кристаллов	Зона неориентированных равноосных кристаллов
До реконструкции	9	116	110
После реконструкции	12	98	140

Большинство дефектов в непрерывнолитых заготовках возникает вследствие развития процессов ликвации. Различная растворимость элементов в жидкой и твердой фазах приводит к обогащению границы затвердевания слоем ликвирующих примесей. При наличии вдоль поверхности кристалла конвективных потоков жидкой стали часть атомов из этого слоя удаляется в маточный расплав, повышая концентрацию примесей в объеме металлического расплава. Особое значение приобретает изучение ликвации непрерывнолитой рельсовой стали, т.к. химическая неоднородность, возникающая при затвердевании слитка, приводит к анизотропии механических свойств.

Неравномерное распределение химических элементов по поперечному сечению непрерывнолитой заготовки оказывает влияние на напряженно-деформированное состояние металла в процессе прокатки, что приводит к изменению вероятности возникновения дефектов в зависимости от технологических условий реализации процесса [1].

Для исследования ликвационных процессов при непрерывной разливке стали в семнадцати точках по поперечному сечению заготовки выполнен отбор проб на химический анализ. Для оценки равномерности распределения примесей по сечению непрерывнолитой заготовки выполнили расчет значений степени ликвации по выражению [2]:

$$K = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\text{ковш}}} \cdot 100 \%$$

где  $C_{\max}$  и  $C_{\min}$  – максимальное и минимальное содержание элемента по сечению темплета, %;

$C_{\text{ковш}}$  – содержание элемента в ковшевой пробе, %.

Результаты расчета степени ликвации элементов представлены на рисунке 1, из которого видно, что склонность к ликвации различных элементов, содержащихся в стали не одинакова и распределяется следующим образом: сера (50 %), фосфор (43,48 %), кремний (32,26 %), углерод (17,07 %), марганец (14,81 %). При этом степень ликвации на заготовке, полученной с использованием систем электромагнитного перемешивания и мягкого обжата меньше по углероду в 2,6 раз, марганцу в 3,2 раза, кремнию в 3,4 раза, фосфору в 1,9 раз и сере в 2,7 раза относительно значений, полученных на заготовке с МНЛЗ до реконструкции, что обретае особую значимость при

реализации технологии производства 100-м рельсов.

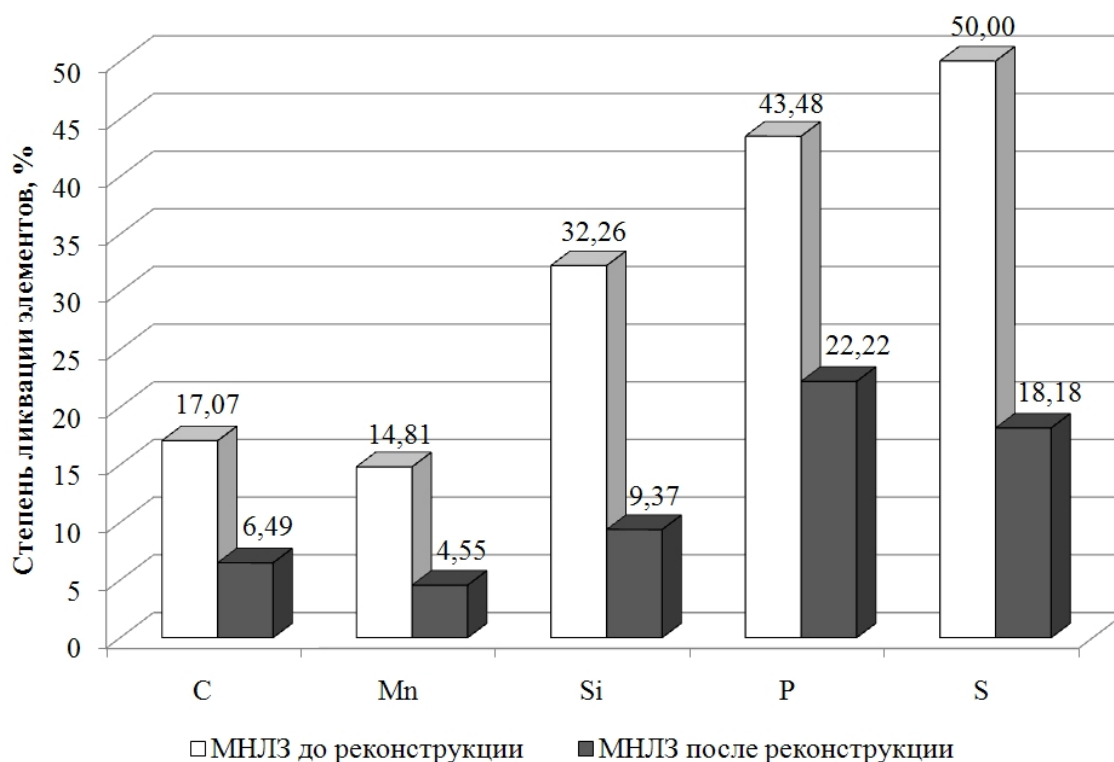


Рисунок 1 – Степень ликвации элементов по сечению непрерывнолитых заготовок

Анализ полученных результатов показал, что при использовании систем электромагнитного перемешивания и мягкого обжатия в периферийной зоне наблюдается снижение степени ликвации по всем элементам, при этом по углероду и фосфору наблюдается преимущественно нулевая ликвация, по сере – положительная, а по марганцу и кремнию – отрицательная.

#### Библиографический список

1. Луценко В.А., Боровик П.В., Заблодский Н.Н., Куберский С.В. Моделирование неустановившегося процесса горячей прокатки непрерывнолитых слябов с учетом ликваций // Сб. науч. тр. Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні, Луганск, 2010. – С. 10-17.
2. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: Мир, АСТ, 2003. – 552 с.

## **О ВОЗМОЖНОСТЯХ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ С КРЕМНИЕМ**

**Долгова С.В., Митрошина В.О., Старунина В.Г.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, sv\_dolgov@mail.ru*

Рассмотрена возможность получения легких инваров на основе медьсодержащих сплавов алюминия с кремнием на примере сплава Al - 11 % Si – 4 % Cu. Установлены оптимальные параметры условий приготовления сплава и его обработки для снижения коэффициента линейного расширения.

Ключевые слова: тепловое расширение, сплавы Al-Si-Cu, обработка расплава, кристаллизация, термическая обработка

Одной из стратегически важных задач современного материаловедения является создание материалов космической и авиационной техники. Для этих материалов регламентируемыми являются значения коэффициента линейного расширения (КЛР) и удельного веса, которые должны быть минимальными. Традиционно для изготовления деталей космических аппаратов используются инвары (Н36, Н42 и др.) и производные от них сплавы (32НКД, 33НКУЛ и др.), также спеченные алюминиевые сплавы (САС). Однако они имеют ряд существенных недостатков: инвары имеют большой удельный вес, высокую стоимость, обусловленную легированием и многоступенчатой обработкой, а САС – недостаточно низкий КЛР и неудовлетворительные механические свойства (их пластичность равна нулю). В связи с этим перспективными являются работы, направленные на создание новых материалов, сочетающих малый удельный вес и низкие значения коэффициента линейного расширения при невысокой стоимости.

Основой для новых материалов предлагается алюминий, как наиболее доступный и недефицитный металл. Известно [1], что кремний в наибольшей мере снижает тепловое расширение алюминия. В настоящей работе предлагается остановиться на доэвтектическом содержании кремния – 11 % (мас.). Исследовалось влияние меди на тепловое расширение алюминиевокремниевых сплавов [2]. Установлено, что введение в сплав Al – 11 % Si меди в количестве 30 % и более приводит к существенному снижению его КЛР, а введение 4 % меди без применения специальных операций выплавки незначительно уменьшает КЛР сплава Al – 11 % Si в интервале температур испытания 150 – 250 °С и стабилизирует ход дилатометрической кривой до температуры испытания 250 °С. Поэтому, сплав Al – 11 % Si – 4 % Cu обладает более благоприятными значениями коэффициента линейного расширения, нежели алюминий легированный кремнием и медью порознь.

Сплавы системы Al – Si – Cu обладают удовлетворительными механическими свойствами, хорошей жидкотекучестью, способны коваться, обрабатываться резанием и упрочняться термической обработкой. Кроме того, медь повышает жаропрочность алюминиевокремниевых сплавов. Так, прочность сплава Al – 11 % Si – 4 % Cu при 300 °C составляет 64 МПа. Согласно ГОСТ 1583-93 сплаву Al – 11 % соответствует промышленный сплав АК12, а наиболее близкими к сплавам Al – 4 % Cu и Al – 11 % Si – 4 % Cu являются сплавы АМ5 и АК12М2. По механическим свойствам они несколько уступают исследуемому сплаву в литом и термообработанном состояниях. Особо следует отметить тот факт, что термическая обработка сплава Al – 11 % Si – 4 % Cu, заключающаяся в закалке и последующем старении, повышает не только прочность, но и пластичность. Таким образом, сплав Al – 11 % Si – 4 % Cu был выбран в качестве материала для исследования возможностей создания легких инваров.

Сплав готовили на алюминии, кремнии и меди технической чистоты, химический состав которых контролируется соответствующими ГОСТами (ГОСТ 11069-2001, ГОСТ 2169-69, ГОСТ 859-2001).

Арсентьевым и Коледовым [3] была приведена схема, согласно которой все свойства металлов, в том числе тепловое расширение, закладываются в жидком состоянии, а затем наследуются. Поэтому, в первую очередь, изучалось воздействие условий выплавки и кристаллизации на тепловое расширение сплава.

Сплав Al – 11 % Si – 4 % Cu обычного приготовления кристаллизовали с различной скоростью. Установлено, что минимальные значения КЛР достигаются при заливке в алюминиевый кокиль для дилатометрических образцов и при имитации жидкой штамповки (рисунок 1).

Проводилась обработка расплава оксидом меди в количестве 5 и 11 % от веса расплава. Установлено, что обработка расплава CuO (с заливкой в алюминиевый кокиль комнатной температуры или подогретый) приводит к устранению аномалии теплового расширения, наблюдаемой при температуре испытания 300 °C (рисунок 2). Этот факт имеет важное практическое значение для выбора материала деталей, работающих при этой температуре, в первую очередь, поршней двигателей внутреннего сгорания. Отсутствие аномалии позволяет говорить не только о высокой размерной стабильности изделия, и, следовательно, снижении его материалоемкости, но и о повышении надежности. Обработка CuO в количестве 5 % от веса расплава с имитацией жидкой штамповки в наибольшей мере снижает КЛР исследуемого сплава при температуре испытания 50 °C – температуре наиболее важной для материалов приборной техники, кроме того, существенное снижение КЛР наблюдается в интервале температур испытания 350 – 450 °C, что позволяет косвенно оценить этот сплав как имеющий повышенную жаропрочность.

Сплавы системы Al – Si – Cu чувствительны к термической обработке и, как правило, поставляются в закаленном и состаренном состоянии. Изуча-



лось влияние термической обработки на сплав Al – 11 % Si – 4 % Cu. Установлено, что нагрев при 275 °С в течение 2 ч устраняет аномалию теплового расширения при температуре испытания 350 °С и снижает КЛР в интервале 250 – 450 °С без повышения в низкотемпературном интервале испытаний. Дополнительный нагрев при 300 °С несколько повышает значения коэффициента линейного расширения в области 350 – 450 °С, однако дает существенное снижение КЛР при температурах испытания 50 – 100 °С. Повышение температуры нагрева до 500 °С нецелесообразно, так как оно не только повышает КЛР во всем диапазоне температур испытания, но и приводит к развитию аномалии расширения. Более эффективно применение после старения при 275 °С кипячения в воде (в течение 3 ч), которое приводит к дальнейшему снижению КЛР, тогда как применение кипячения в качестве самостоятельной операции такого результата не дает (рисунок 3).

Таким образом, по работе можно сделать вывод о возможности снижения коэффициента линейного расширения сплавов системы Al – Si – Cu (на примере сплава Al – 11 % Si – 4 % Cu) посредством обработки расплава, выбора оптимальных условий кристаллизации, а также термической обработки, то есть тех операций, которые изменяют содержание и соотношение водорода, азота и кислорода в металле. В связи с очевидной перспективностью работа в настоящем направлении продолжается.

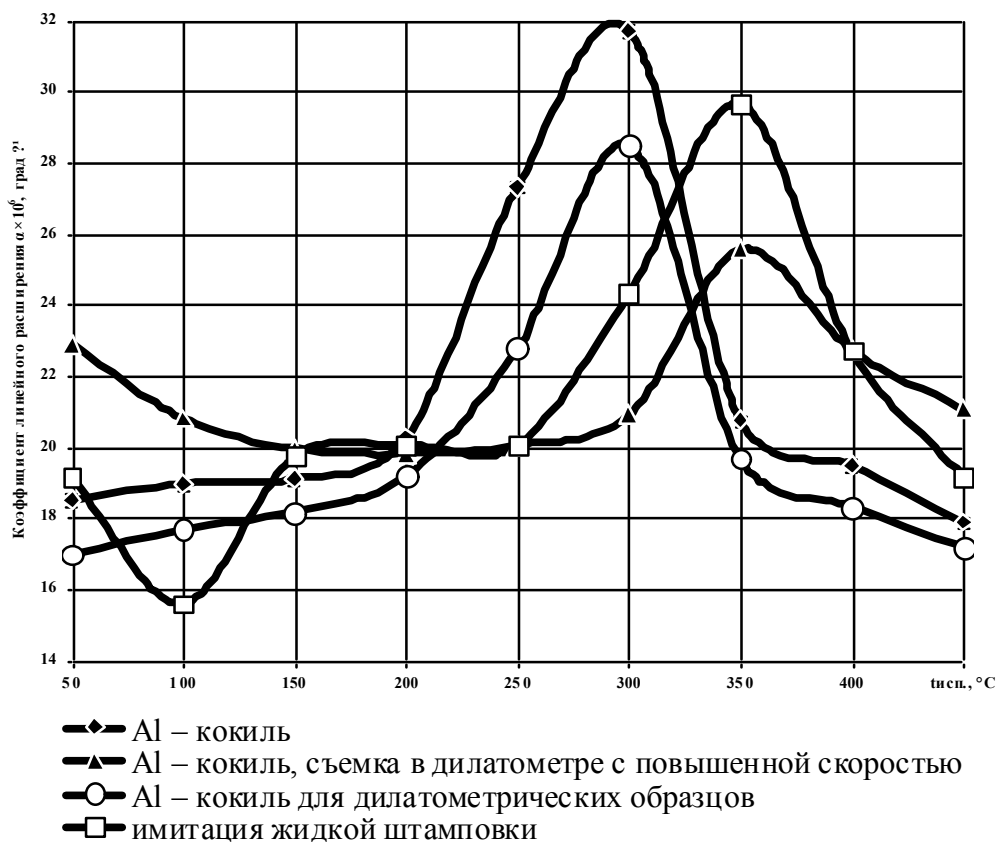
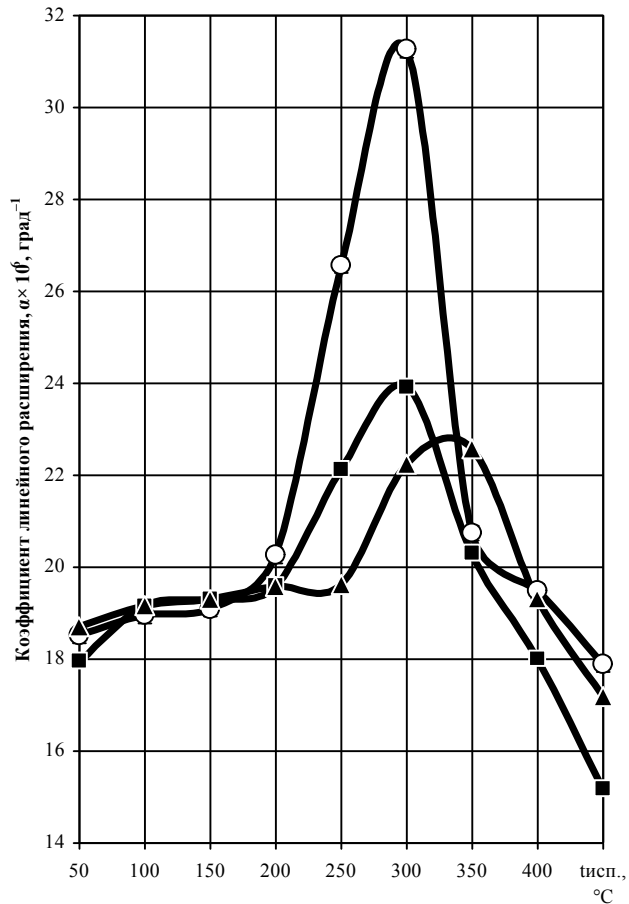
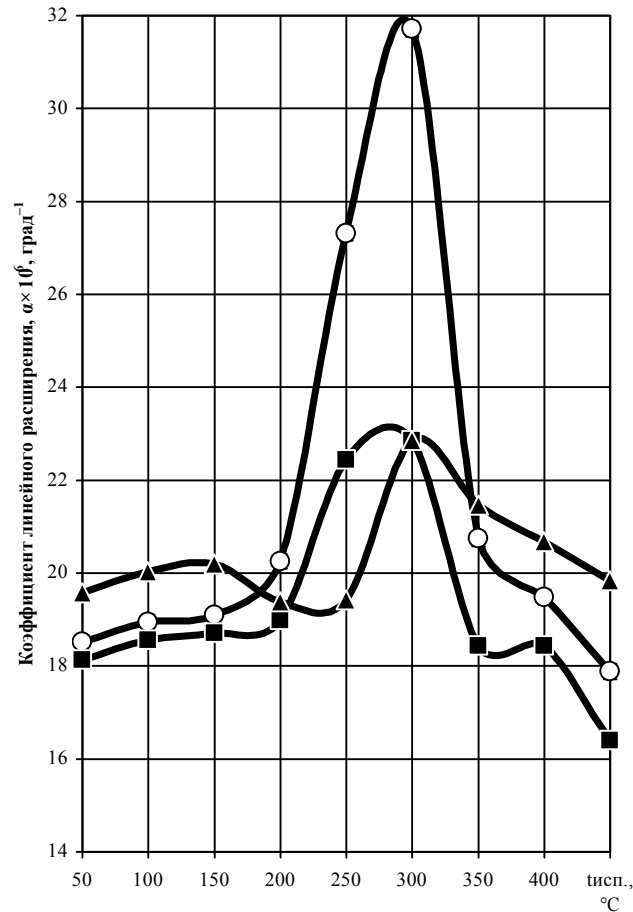


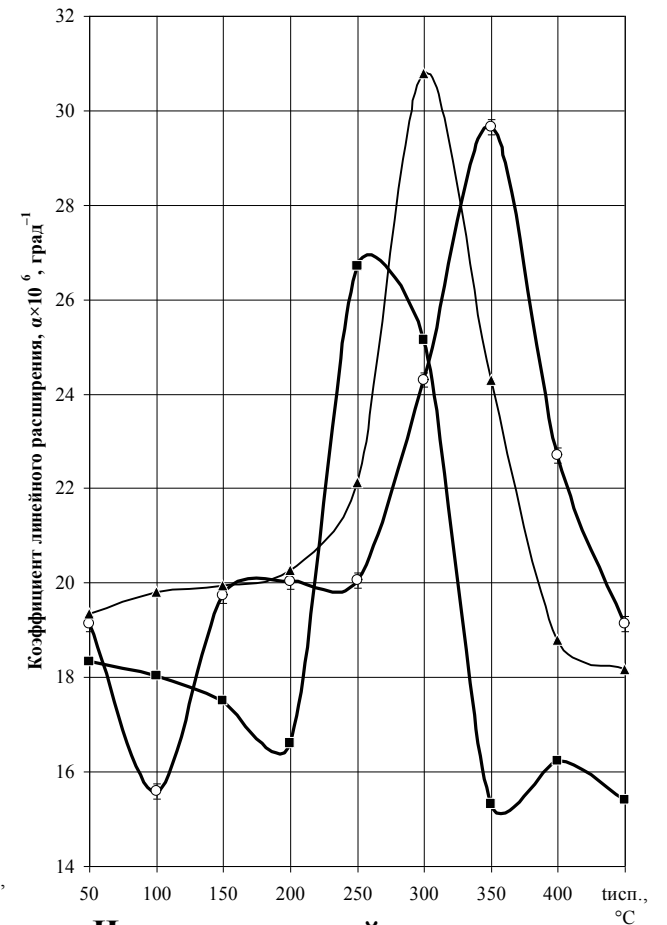
Рисунок 1 – Влияние условий кристаллизации на линейное расширение сплава Al-11% Si – 4% Cu



Заливка в Al-кокиль, 20 °C



Заливка в Al-кокиль, 250 °C



Имитация жидкой штамповки

Количество CuO, мас. % от веса расплава: -○- 0, -■- 5, -▲- 11

Рисунок 2 - Влияние обработки расплава CuO и условий кристаллизации на линейное расширение сплава Al – 11 % Si – 4 % Cu.

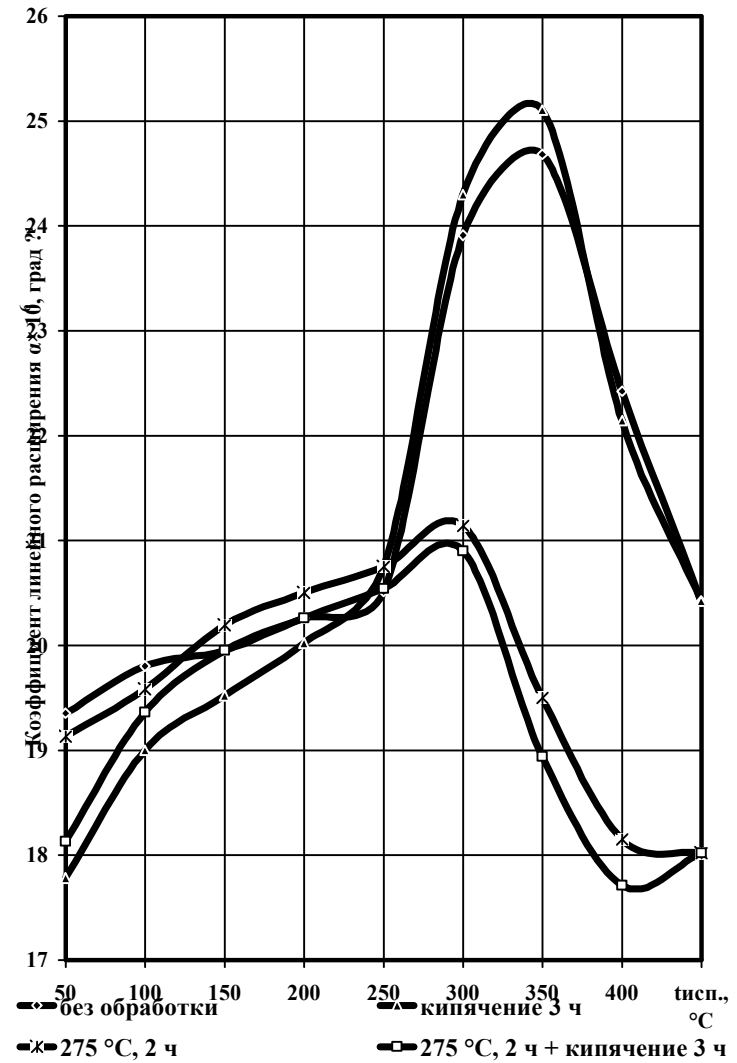
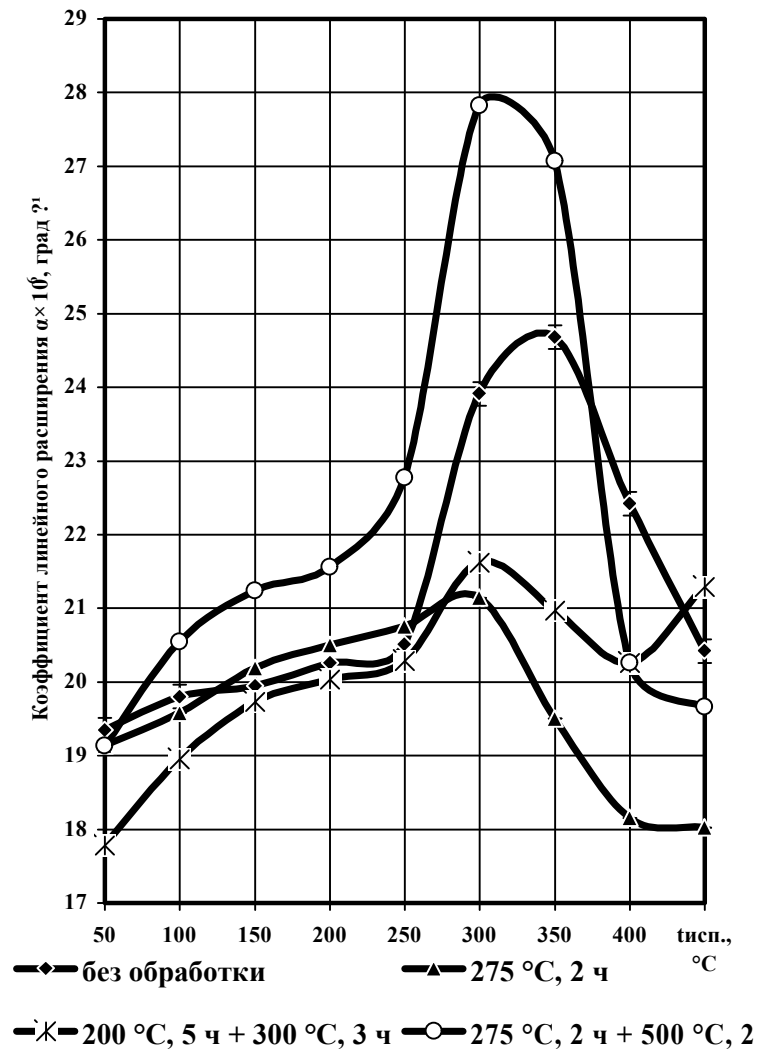


Рисунок 3 - Влияние термической обработки на линейное расширение сплава Al – 11 %Si – 4 %Cu

## Библиографический список

1. Афанасьев В.К., Горшенин А.В., Попова М.В. и др. О влиянии кремния на тепловое расширение алюминия // *Металлургия машиностроения*. - 2010. - № 6.- С. 23-26.
2. В.К. Афанасьев, С.В. Долгова, Н.Б. Лаврова и др. Влияние меди на линейное расширение алюминиевых и кремниевых сплавов // *Металлургия машиностроения*. – 2013. - № 4.- С. 16-19.
3. Арсентьев П.П., Коледов Л.А. *Металлические расплавы и их свойства*. - М.: *Металлургия*, 1976.- 375 с.

УДК 622.6

## ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СЕРОГО ЧУГУНА

**Сорокина М.С.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, SorokinaManya69@mail.ru*

Рассматривается влияние водорода на формирование структуры и свойств серого чугуна. Выделения графита предлагается считать проявлением одной из разновидностей водородной хрупкости.

Ключевые слова: водород, чугун, выделения графита, легирование.

Серый чугун характеризуется высокими литейными свойствами (низкая температура кристаллизации, текучесть в жидком состоянии, малая усадка). Он широко применяется в машиностроении для отливки станин станков и механизмов, поршней, цилиндров и других ненагруженных деталей. Применение серого чугуна для ответственных изделий ограничено в связи с высокой хрупкостью, обусловленной выделением графита в метастабильной матрице [1].

Водород в железных сплавах оказывает значительное влияние на структуру и свойства чугуна. На рисунке 1 представлена диаграмма состояния железо – водород [2]. Видно, что растворимость водорода в железе скачкообразно изменяется при температурах полиморфных превращений и увеличивается при повышении температуры.

Установлено, что водород увеличивает «отбел» чугуна и является сильным стабилизатором цементита. С повышением содержания водорода в жидком чугуне глубина «отбела» в образцах, отлитых в кокиль, увеличивается, а в структуре уменьшается количество графита и появляется структурно свободный цементит. С увеличением содержания водорода в жидком чугуне графитные включения измельчаются, и появляется междендритный

графит. Согласно данным И.Н. Богачева [3], это объясняется понижением эвтектической температуры чугуна вследствие дезактивации зародышей кристаллизации водородом.

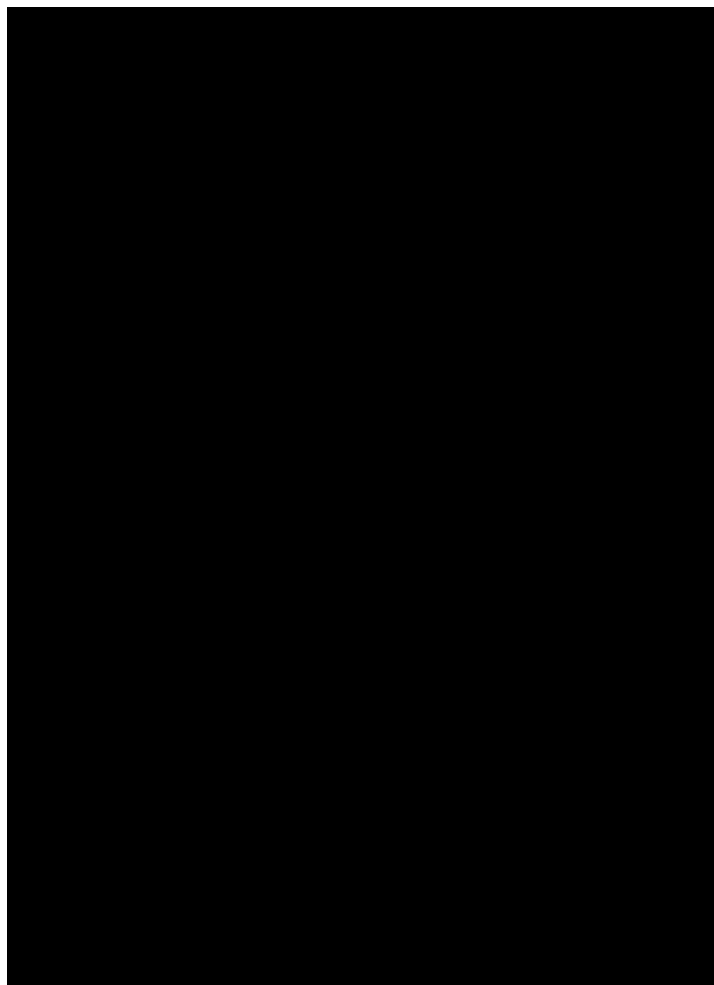


Рисунок 1 - Диаграмма состояния железо – водород [2]

В зависимости от концентрации и формы состояния водород может оказывать различное влияние на свойства жидкого или твердого чугуна: уменьшать скорость образования графитной эвтектики; способствовать выделению грубых форм карбидов; способствовать увеличению дисперсности перлита; вызывать образование в отливках внутренних "белых" пятен, состоящих из карбидов; увеличивать склонность чугуна к отбеливанию; при наличии примесей Al, Ti, Mg и Mn вызывать образование пористости и понижать жидкотекучесть. При графитизации наблюдается рост растворимости водорода в чугунах с повышением содержания графита. Это связывают с образованием твердого раствора водорода в графите или заполнением пустот и трещин вокруг графитовых включений молекулярным водородом. Отмечена также пониженная скорость выделения водорода из сплавов, содержащих графит, по сравнению с теми, углерод в которых представлен цементитом.

В 1978 г. В.И. Шаповалов совместно с Л.М. Полторацким опубликовали результаты работы по диаграмме состояния железо - углерод - водород.

Эксперименты показывают, что водород можно рассматривать как полноценный легирующий элемент даже при небольших его содержаниях.

В настоящее время можно считать установленным, что чем выше содержание водорода в жидком расплаве, тем меньше прочность и пластичность и выше твердость серых чугунов. Так же подтвердилось мнение, что эффективность низкотемпературной обработки в чугунах связана с наличием в них водорода

Особое внимание необходимо обратить на статью В.К. Афанасьева «Водородный механизм образования выделений графита в чугуне»[4], где предложено и экспериментально подтверждено положение, что «выделения графита являются результатом перераспределения водорода внутри железа с сопутствующим химическим взаимодействием с азотом. Поэтому предлагается считать выделения графита результатом проявления одной из разновидностей водородной хрупкости. Правомочность такого положения может быть доказана только на основании представлений о ведущей роли водорода в образовании вещества и формировании его свойств». Это положение подтверждено созданием технологий обработки чугуна, полностью удаляющих выделения графита, и нового материала многоцелевого назначения – белого нелегированного чугуна.

#### Библиографический список:

1. Шерман А.Д., Жуков А.А. Чугун: Справ. Изд.- М.: Металлургия, 1991.- 576 с.
2. Паисов И.В. Термическая обработка стали и чугуна: Учебное пособие.- М.: Металлургия, 1970.- 264с.
3. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Пер. с англ. Т. 1.- 1952.- С.107.
4. Афанасьев В.К. «Водородный механизм образования выделений графита в чугуне».- 2013.- 26с.

УДК 622.6

## **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИЯ**

**Трофимов К.В.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Магний играет важнейшую роль в природе и технике: он недефицитен, широко используется для изготовления деталей и узлов изделий авиационного и космического назначения, применяется в виде сплавов с алюминием (магналии) и в качестве лигатур для цветных сплавов. Общеизвестно, что способ получения определяет свойства металла, и свойства шихтовых мате-

риалов наследуются конечным сплавом. В связи с этим необходимо рассмотреть современные способы получения магния.

По распространенности в земной коре магний – шестой, его массовое содержание 2,76 %.

Ключевые слова: магний, получение.

Соединения магния были известны человеку очень давно. Магнезитом называли мягкий белый, мылкий на ощупь минерал (мыльный камень, или тальк), который находили в районе Магнезии в Фессалии. При прокаливании этого минерала получали белый порошок, который стали именовать белой магнезией.

В 1695 Н. Гро, выпаривая минеральную воду Эпсомского источника (Англия), получил соль, обладавшую горьким вкусом и слабительным действием ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ).

В 1808 английский химик и физик Гемфри Дэви при электролизе слегка увлажненной белой магнезии с окисью ртути в качестве катода получил амальгаму нового металла, способного образовывать белую магнезию. Его назвали магнием. Дэви получил загрязненный металл, а чистый магний был выделен лишь в 1829 французским химиком Антуаном Бюсси (Bussy Antoine) (1794–1882).

В основном магний получают электролитическим способом, важнейшими стадиями которого являются: а) получение чистых безводных солей магния; б) электролиз расплава этих солей и в) рафинирование магния.

Варианты электролитического способа получения магния различаются по составу солей, поступающих на электролиз (карналлит, хлористый магний и т.д.), и по способу получения этих солей (хлорирование магнезита, обезвоживание бишофита или карналлита). Хлорирование магнезита можно проводить аналогично хлорированию окиси титана. Обезвоживание карналлита обычно проводят в две стадии: вначале медленным нагреванием природного карналлита в трубчатых печах, а затем плавлением соединения  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot H_2O$  до полного удаления гидратной влаги.

Электролиз проводят в расплавленных хлоридах магния, калия, натрия и кальция, так как при электролизе водных растворов его солей из-за отрицательного потенциала магния на катоде выделяется только водород.

Анодами служат графитные плиты, катодами - стальные пластины. Так как плотность расплавленного электролита больше, чем плотность магния в этих же температурных условиях, то выделяющийся на катоде жидкий магний, не растворяясь в электролите, в виде капель всплывает на поверхность. На аноде выделяется газообразный хлор, который также поднимается и выбрасывается из электролита. Во время электролиза расходуется хлористый магний, периодически вводимый в электролит.

Собирающийся на поверхности катодного пространства магний перио-

дически удаляют. Выделяющийся в анодном пространстве хлор всасывают через трубы и используют, например, для хлорирования окиси магния или окиси титана.

Также магний получают термическими способами получения магния которые основаны на восстановлении его из оксидов или других соединений более активным металлом, обладающим большим сродством к кислороду, чем магний.

В качестве восстановителя для оксида магния можно использовать кремний, алюминий, силикоалюминий и карбиды кальция, алюминия и других металлов, а также углерод. При этом восстановление возможно только при температурах, когда магний будет находиться в парообразном состоянии, т.е. выше точки его кипения (1095 °С).

В настоящее время в промышленности используется только силико-термический способ получения магния. При этом в качестве восстановителя по экономическим соображениям вместо кремния используют чаще всего ферросилиций - сплав кремния с железом.

Доломит перед дозировкой подвергают дроблению и кальцинирующему обжигу в шахтных печах с последующим измельчением огарка. Далее измельченные доломит и ферросилиций поступают на дозировку и смешение. Готовую шихту брикетируют на валковых прессах. Брикетты упаковывают в бумажные мешки и отправляют на восстановление.

Оксид магния восстанавливают до металла в горизонтальных вакуумных ретортных печах. Печи отапливают газом.

Магний получают в промышленных масштабах еще одним способом - из морской воды либо из взвеси обожженного доломита в морской воде. Этот процесс осуществляется по-разному в разных странах, однако в сущности состоит из следующих трех стадий.

1. Осаждение гидроксида магния.
2. Образование хлорида магния.
3. Электролиз расплавленного хлорида магния.

Таким образом, очевидно, что во всех технологиях лабораторного и промышленного получения магния применяются операции, существенно изменяющие содержание водорода, в первую очередь, это относится к электролитическим процессам.

Установлено, что водород, вносимый в алюминиевые сплавы с шихтовым магнием, наследуется конечным материалом и определяет его структуру, технологические и эксплуатационные свойства.

#### Библиографический список

1. Эйдензон М. А. Магний.- М.: Металлургия, 1969. -358 с.



## **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА**

**Сазонов М.С.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья посвящена железу высокой степени чистоты. Рассматривается его получение и применение.

Ключевые слова: железо, примеси, рафинирование.

Железо высокой степени чистоты нашло широкое применение. Технически чистое железо – материал для сердечников электромагнитов и якорей электромашин, пластин аккумуляторов. Карбонильное железо используют для нанесения тончайших пленок и слоев на магнитофонные ленты, как катализатор, антианемическое средство и др. Из губчатого железа выплавляют высококачественные стали. Железный порошок используют для сварки, а также для цементации меди.

Железо высокой чистоты может быть использовано при изготовлении деталей, от которых требуется большая пластичность, высокая коррозионная стойкость, высокая прочность и коррозионная стойкость под напряжением. Его также используют при изготовлении приборов, предназначенных для космических и ядерных исследований [1].

Свойства железа, как и других металлов, в значительной мере определяются способом его производства. В связи с этим для понимания и контроля структуры и свойств железа необходимо, в первую очередь, рассмотреть методы его получения технической и высокой чистоты.

Основными методами получения железа технической чистоты являются: производство железа в мартеновских печах, внепечное вакуумирование, электровакуумное плавление, карбонил-процесс, электролиз. Среди них наиболее эффективным является карбонил-процесс.

Для получения железа высокой степени чистоты используют дистилляцию, зонное плавление, зонную очистку в твердом состоянии, рафинирование в водороде, отжиг в высоком вакууме, восстановление хлоридов, электропереносж [2].

Каждый метод очистки вещества от примесей эффективен в отношении определенной группы примесей и имеет некоторый предел, зависящий от ряда факторов. В настоящее время не существует метода, который позволил бы достаточно полно очистить железо от всех сопутствующих ему примесей.

Для получения железа высокой степени чистоты используют сочетание операций, каждая из которых удаляет из железа определенную группу примесей. Выбор подходящего сочетания методов рафинирования железа зависит от

того, от каких примесей необходимо его очистить. При этом следует иметь в виду, что примеси оказывают взаимное влияние на их удаление из металла.

Отмечено, что способы получения технически и высокочистого железа связаны с изменением содержания элементов внедрения, в первую очередь, водорода, который является ответственным за формирование структуры и свойств железа и сплавов на его основе [3].

#### Библиографический список

1. Железо. Учебное пособие Печ. Кемерово: ООО «Фирма Полиграф», 2008.- 182с. Афанасьев В.К., Никитенко С.М., Долгова С.В. и др.
2. Каменецкая Д.О. Железо высокой степени чистоты [Текст] / Д.О. Каменецкая, И.Б. Пилецкая, В.И. Ширяев.- М.: Metallurgia, 1978.- 248с.
3. Афанасьев В.К. «Водородный механизм образования выделений графита в чугуне».- 2013.- 26с.

УДК 622.6

## ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СПЛАВЫ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ

**Зеневич А.В.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрено влияние легирующих элементов на прочностные характеристики сплавов системы алюминий-магний. Установлено, что ответственным за образование микроструктуры сплавов алюминий-магний, алюминий-медь, алюминий-кремний, алюминий-цинк является водород, вносимый в процессах выплавки шихтовых металлов и лигатур, а также сплавов конечного состава

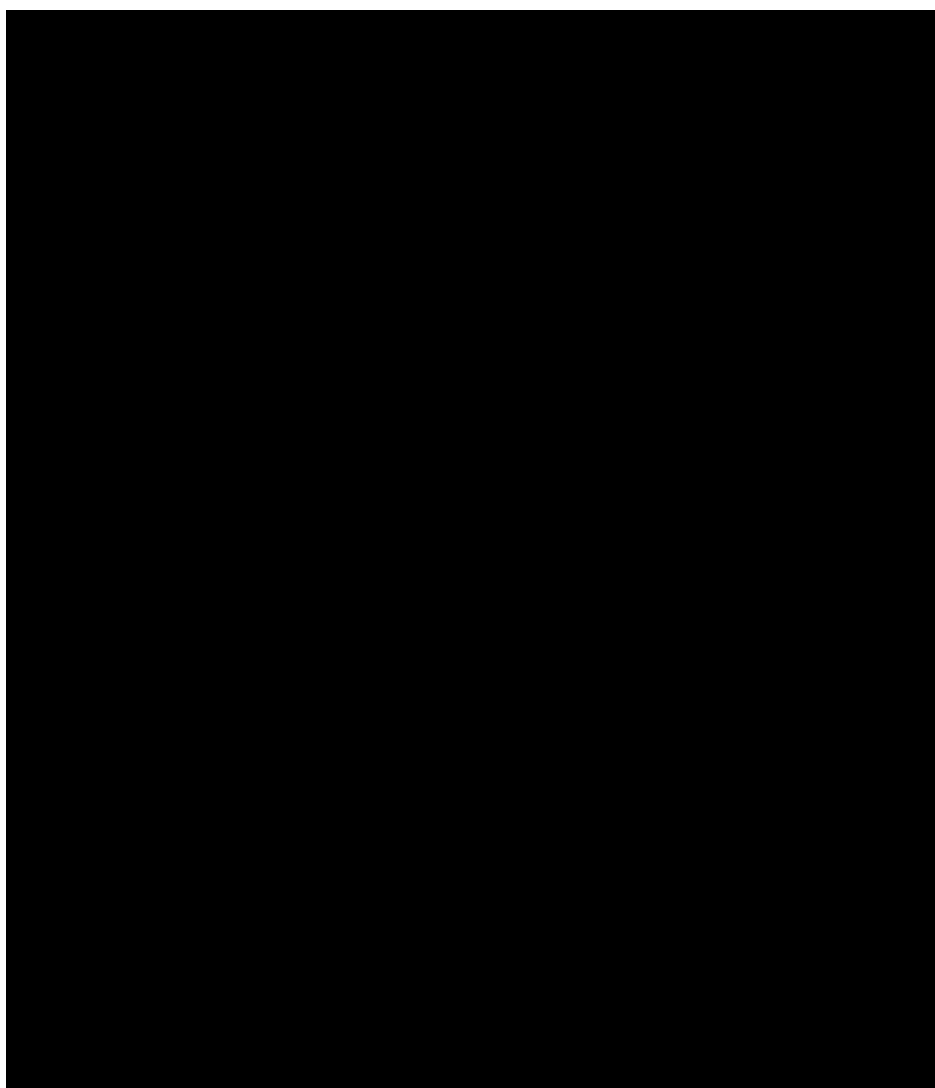
Ключевые слова: алюминий, магний, легирующие элементы.

В наше время уже трудно найти отрасль промышленности, где бы, благодаря своим свойствам, не использовался алюминий и его сплавы на его основе.

Используемые в промышленности алюминиевые сплавы отличаются высокой технологичностью, хорошо деформируются и при этом обладают удовлетворительной прочностью. Алюминиевые сплавы имеют небольшую плотность.

Одной из перспективных систем на основе алюминия является система Al-Mg. Сплавы алюминия с магнием имеют достаточную коррозионную стойкость, удовлетворительное обрабатывание резанием. Их применяют в судостроении и авиации. Дальнейшее улучшение свойств таких сплавов необходимо для развития материалов летательных аппаратов.

При существующих способах получения алюминия введение в него легирующих элементов приводит к увеличению содержания водорода. На рисунке 1 приведены данные по влиянию магния, меди, кремния и цинка на механические свойства литого алюминия [1]. Видно, что упрочняющее действие легирования сохраняется до значительных содержаний добавок (9 -11 %), тогда как пластичность снижается при малом (1-3 %). Это обусловлено микроструктурными изменениями и, в первую очередь, образованием выделений вторых фаз (сплавы с магнием, медью, кремнием).



Массовая доля легирующего элемента, %

Рисунок 1 - Влияние добавок магния (1) , меди (2), кремния (3) и цинка (4) на свойства алюминия [1]

На основании этого можно сделать вывод: «Повышение содержания водорода до определенного, для каждого сплава, количества с помощью любых воздействий на твердые и жидкие шихтовые материалы, а также расплавы конечного химического состава приводит к увеличению числа выделений вторых фаз с соответствующим снижением прочности и пластичности (спла-

вы Al – Mg, Al - Cu) или получению модифицированной структуры и повышению пластичности (сплавы Al - Si)» [1].

Развитие работ по повышению свойств Al-Mg сплавов должно идти по пути все более полного использования различных веществ, регулирующих количество водорода на всех этапах получения сплавов и изделий из них.

#### Библиографический список

1. Афанасьев В.К. Водород и свойства алюминиевых сплавов [Текст] / В.К. Афанасьев. - Кемерово: Изд-во «Полиграф», 2010.- 426 с.
2. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: «Машиностроение», 1980.- 493 с.

УДК 622.6

## СОВРЕМЕННОЕ ПОЛУЧЕНИЕ КРЕМНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

**Духанин Ф.А.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрены способы получения кремния технического и высокой чистоты, а также «Солнечного» и мультикристаллического кремния.

Ключевые слова: кремний, получение.

Кремний наиболее распространенный элемент в земной коре после кислорода. Он широко используется в различных отраслях, в том числе в металлургии. На его основе создают материалы для электротехники и электроники, технический используют для производства сплавов с алюминием силуминов, в черной металлургии кремний – раскислитель, вводимый в стали в виде ферросплавов. В наши дни все более необходимым становится чистый «полупроводниковый» кремний. Так называемые «девять девяток чистоты» - 99,9999999% чистого кремния - первое требование к полупроводнику. Ни один из современных компьютеров не существовал бы без кремния. То же можно сказать и о ряде других технических средств. Велико значение различных веществ, основой которых являются соединения кремния, - бетона, керамики, стекла.

Способы получения кремния из соединений многочисленны и разнообразны и определяются назначением получаемого материала.

В промышленности кремний технической чистоты получают, восстанавливая расплав чистого кварцевого песка ( $\text{SiO}_2$ ) коксом при температуре около  $1800^\circ\text{C}$  в руднотермических печах шахтного типа. Чистота техниче-

ского кремния после кислотной обработки достигает 99,9 % [1]. В качестве восстановителя также могут использоваться древесный и каменный уголь, нефтекокс и древесная щепа [2]. Предложены способы оптимизации карботермического производства технического кремния: работы ведутся в направлении использования исходных материалов повышенной чистоты, кислотной обработки полученного кремния, введения специальных флюсов, использования экстракционной очистки расплавами металлов.

Небольшие количества кремния получают электролизом растворов гексафторосиликата натрия ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) и гексафторосиликата калия ( $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ) [3]. Алюмотермический метод получения кристаллического кремния, заключающийся в восстановлении оксида кремния избыточным количеством алюминия в присутствии серы при нагревании – был разработан Н.Н. Бекетовым в 1865 г. Известен также магнийтермический метод получения кремния из его оксида.

Технический кремний перерабатывается в поликристаллический кремний «электронного» (полупроводникового) или «солнечного», с большим количеством примесей, качества. Первый промышленный способ получения высокочистого полупроводникового кремния был разработан Н.Н. Бекетовым. Он основан на реакции между парами цинка и тетрахлорида кремния, которую проводят при  $950\text{ }^\circ\text{C}$  в трубчатом реакторе, изготовленном из плавленого кварца, с образованием элементарного кремния в виде игольчатых кристаллов, которые затем подвергают очистке химическими методами и перекристаллизацией.

Наиболее широкое промышленное применение получил метод, заключающийся в превращении технического кремния в легколетучее соединение, которое после очистки может быть легко восстановлено. Современная технология поликристаллического кремния основана на процессе водородного восстановления трихлорсилана ( $\text{SiHCl}_3$ ), восстановления тетрахлорида кремния цинком и пиролиза моносилана. Большую часть кремния (около 80 %) получают путем водородного восстановления трихлорсилана. Трихлорсилан обычно получают путем гидрохлорирования кремния: взаимодействием технического кремния с хлористым водородом или со смесью газов, содержащих хлористый водород, при температуре  $260 - 400\text{ }^\circ\text{C}$ .

Электрохимическим методом получают сплавы кремния и водорода, а также кремний в виде порошка или поликристаллической пленки, подвергая электролизу растворы галогенидов кремния в органических растворителях либо смеси на основе галогенидов и диоксида кремния в среде расплавленных солей.

Известно получение кремния восстановлением кремнийсодержащих соединений водородом. Восстановление проводят в реакторе, в котором образующийся кремний осаждается на разогреваемой электрическим током основе (проволока тантала, молибдена, кремниевые прутки-подложки и др.).

Описаны также эксперименты по осаждению кремния на находящиеся во взвешенном состоянии частицы кремния. Применяется восстановление водородом хлоридов кремния. А также описаны процессы получения поликристаллического кремния в вакууме и криогенных камерах.

Поликристаллический кремний является основой для получения чистого или легированного монокристаллического кремния, которое осуществляется методом Чохральского (до 90 % производства) или бестигельной зонной плавкой (около 10 % производства).

Во всех способах получения и очистки кремния отчетливо просматривается участие водорода. Предполагается, что именно он оказывает итоговое влияние на физические свойства кремния и его сплавов.

#### Библиографический список

1. Черных А.Е., Зельберг Б.И. Производство кремния, изд. «МАНЭБ», Иркутск, 2004.
2. Гасик М.И., Зубов В.Л. Электрометаллургия ферросилиция, Днепропетровск: Системные технологии, 2002. - 704 с. УДК 669.15-198; 669.168.
3. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. Учебник для вузов. СП «Интернет Инжиниринг», Москва.

УДК 622.6

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЯ

**Богонос Е.В., Старунина В.Г.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

Алюминий - наиболее распространенный металл в природе, он входит в состав более 250 минералов. По производству и потреблению он занимает второе место среди всех металлов (после железа) и первое место среди цветных металлов. Бурное развитие потребления алюминия обусловлено замечательными его свойствами.

Ключевые слова: алюминий, электролиз.

Первые попытки выделить этот элемент в чистом виде были предприняты в 1807 г. Хемфри Дэви, применявшим химические методы: пропускание электрического тока через увлажненную гидроксид алюминия, находящуюся в атмосфере водорода, и восстановление глинозема парами калия в присутствии железных опилок. Свободный алюминий впервые был выделен Гансом Эрстедом в 1825 г.: Эрстед получил амальгаму алюминия, восстановив хлорид алюминия амальгамой калия и затем дистиллируя ртуть из полу-

ченной алюминиевой амальгамы. В 1827 г. Фридрих Велер улучшил метод Эрстеда, заменив амальгаму калия металлическим калием. Применяя этот метод, Велер получил алюминий в количествах, достаточных для определения его важнейших физических и химических свойств. В 1854 г. Анри Сен-Клер-Девилль применил способ Велера, внося в него дальнейшие улучшения: металлический калий Сен-Клер-Девилль заменил более дешевым натрием, а нестойкий и гигроскопичный хлорид алюминия – более прочным двойным хлоридом алюминия и натрия. Разложение двойного хлорида натрия осуществлялось в пламенной печи при постепенно повышающейся температуре.

В 1854 г. Роберт Бунзен и Сен-Клер-Девилль, независимо друг от друга, подвергая электролизу расплавленный двойной хлорид алюминия и натрия, получили металлический алюминий.

Следует отметить, что алюминий, получаемый различными способами, несколько различается по физическим свойствам. Настоящий факт свидетельствует о том, что свойства алюминия, равно как и других металлов, во многом определяются процессами их получения.

В настоящее время основным способом получения технического алюминия является электролитический. Для получения металлического алюминия проводится электролиз глинозема ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), получаемого из бокситов щелочными, электротермическими и другими способами [1]. Наиболее распространенным способом (95 % мирового производства) получения глинозема является щелочной (гидрохимический), разработанный в конце XIX века химиком К.И. Байером и заключающийся в выщелачивании предварительно измельченного боксита щелочно-алюминатным раствором и дальнейшем выделении из раствора гидроксида алюминия. Алюминийсодержащие минералы взаимодействуют с раствором каустической щелочи ( $\text{NaOH}$ ), в результате чего алюминий переходит в раствор в виде алюмината натрия [2]. Несмотря на то, что сущность способа с 1898 года остается неизменной, до настоящего времени на многих предприятиях алюминиевой промышленности разрабатываются и патентуются предложения по усовершенствованию способа. Большой вклад в разработку способа внесли Д.П. Манойлов, Ф.Н.Строков, Ф.Ф. Вольф и др.

Электролизу подвергают расплавленную смесь криолита  $\text{Na}[\text{AlF}_6]$  и глинозема. Глинозем (оксид алюминия) не проводит электрический ток и имеет высокую температуру плавления ( $2050\text{ }^\circ\text{C}$ ), а смесь, содержащая 10 % (мас.)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , плавится при  $960\text{ }^\circ\text{C}$  и обладает удовлетворительными электропроводностью, плотностью и вязкостью. Добавки  $\text{AlF}_3$ ,  $\text{CaF}_2$  и  $\text{MgF}_2$  делают возможным проведение процесса при  $950\text{ }^\circ\text{C}$ . Месторождения криолита встречаются крайне редко, поэтому его получают искусственно – взаимодействием гидроксида алюминия с плавиковой кислотой и последующей нейтрализацией кислого раствора содой.

Для получения алюминия высокой чистоты (марок А995 – А95) первичный алюминий технической чистоты электролитически рафинируют. Это позволяет снизить в алюминии содержание металлических и газообразных примесей и тем самым значительно повысить его электропроводность, пластичность, отражательную способность и коррозионную стойкость. Алюминий особой чистоты (марки А999) может быть получен тремя способами: зонной плавкой, дистилляцией через субгалогениды и электролизом алюминий-органических соединений. Из перечисленных способов практическое применение получил способ зонной плавки.

#### Библиографический список

1. Кнорозов Б. В., Усова Л. Ф., Третьяков А. В., Китаев Я. А., Филькин В. М., Шевченко А. А., Усов Г. А. Технология металлов и материаловедение. М.: Металлургия, 1987.- 800 с.

2. Кузнецов С. И. Физическая химия производства глинозема по способу Байера / С. И. Кузнецов, В. А. Деревянкин. М.: Металлургия, 1964. 352 с.



## IV. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 624.154

### **ЭНЕРГО – И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ ВЫСОКОЙ ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ**

**Аббасов П.А., Ли П.Э.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, lee\_pavel@bk.ru*

В статье анализируется применение забивных модульных свай по безотходной технологии. Также представляется решение совершенствования безотходной технологии погружения самоцентрирующихся модульных свай со стыками стаканного типа, которое позволяет достичь эффективного энерго-, трудо- и ресурсосбережения.

**Ключевые слова:** модульные сваи, свайные работы, свайный модуль, ударостойкость свай, самоцентрирующаяся модульная свая.

Большинство зданий и сооружений строятся на свайных фундаментах. Именно от свайного типа фундамента можно получить высокую несущую способность на особых грунтовых условиях, таких как просадочных, пучинистых, вечномёрзлых, засоленных, набухающих, слабых, насыпных, сильносжимаемых и т.п. Особенно важно знать наиболее экономичные энерго- и ресурсосберегающие способы строительства в этих условиях.

В настоящее время в строительстве существуют самые разнообразные технологии устройства забивных свайных фундаментов. Все они имеют свои достоинства, благодаря которым их и применяют в самых разных ситуациях. К сожалению, идеальных технологий не существует, они имеют недостатки и порой существенные. К ним можно отнести:

- неполное погружение свай до проектной отметки;
- необходимость изготовления свай различных типоразмеров;
- недостаточно четкий учет результатов инженерно-геологических изысканий;
- сложный процесс транспортирования, складирования и производства работ;
- разрушение голов железобетонных свай в процессе забивки.

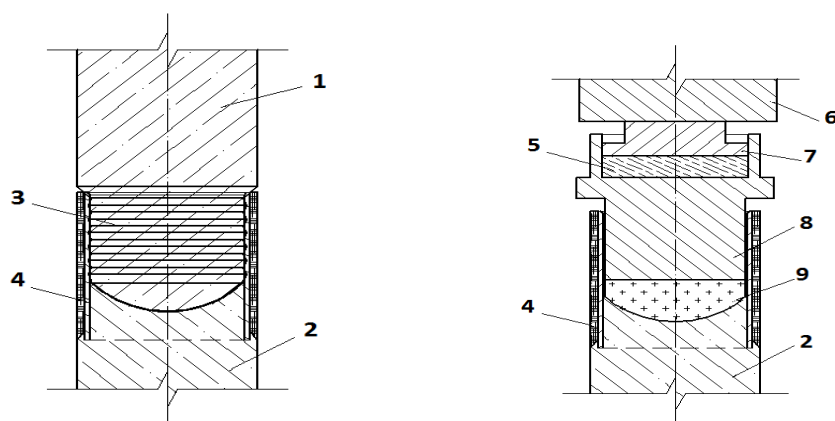
Все это ведет к перерасходу железобетона, увеличению трудозатрат и продолжительности работ нулевого цикла.

В ДальНИИС РААСН создана новая технология устройства фундаментов с использованием модульных свай под названием «Механизированная безотходная технология возведения свайных фундаментов». Ее сущность за-

ключается в том, что модульные сваи имеют один типоразмер, обоснованный экономическими расчетами. Концы свайного модуля заканчиваются элементами стыковочных узлов. В производственных условиях используется свайный манипулятор, который выполняет следующие операции: погружение сваи до заданной несущей способности или глубины; срезка выступающей над грунтом части сваи и перемещение ее на новое место; погружение срезанной части в грунт; стыковка срезанной части с новым модулем и погружение составной сваи.

Авторами данной работы произведено исследование модульных свай по безотходной технологии с жестким стаканным стыком, способным сопротивляться на вертикальные сжимающие и горизонтальные перерезывающие нагрузки. Разработана новая модель под названием «Самоцентрирующаяся модульная свая стаканного типа».

На верхнем конце модульной секции выполнен стыковочный элемент в виде цилиндрического металлического стакана, приваренного к продольной арматуре железобетонной секции, а днище стакана выполнено в виде вогнутой полусферической армированной бетонной поверхности. Следует подчеркнуть особые качества стыка сферического типа, выявившиеся в процессе исследований, самоцентрирование усилий происходит за счет некоторого смятия бетонных поверхностей при случайных эксцентриситетах, т.е. своего рода приспособляемость стыка к внецентренной нагрузке в процессе его работы при постепенном росте нагрузок. Забивка производится через инвентарный съемный наголовник с полимерным вкладышем, который является амортизационной прокладкой. При забивке одного модуля в грунт, производится стыкование с укладкой конструктивной растворной смеси, уплотняющейся при погружении модульных секций и твердеющей после погружения составной сваи в грунт. На наружную поверхность металлического стакана нанесен гидроизоляционный слой для обеспечения антикоррозии.



1 - верхний модуль; 2 - нижний модуль; 3 - рифления на конце сваи; 4 - стакан сваи с гидроизоляцией; 5 - верхний амортизатор; 6 - молот; 7 - шабот молота; 8 - наголовник; 9 - амортизационный вкладыш

Рисунок 1 - Стык двух модулей и свайный наголовник с вкладышем

Таким образом, доработка конструкции сферического стыка – выбор оптимальной формы поверхностей позволяет получить конструкцию, обладающую высокой прочностью, ударостойкостью за счет самоцентрирования усилий.

Описанная технология возведения свайных фундаментов позволяет почти полностью использовать материал по прямому назначению и достичь полной механизации всего технологического процесса производства свайных работ, включая заводскую технологию изготовления модульных свай и разработанную новую методику расчета, проектирования и производства свайных работ, что позволяет достичь эффективного энерго-, трудо- и ресурсосбережения.

УДК 69.022.3:536.6

## **ПОРАЖАЮЩИЕ ФАКТОРЫ ТАЙФУНОВ И ЦИКЛОНОВ, ИХ УЧЕТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ**

**Аббасов П.А., Петрашень А.С.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, alserpet@yandex.ru*

В докладе рассмотрено воздействие тайфунов и циклонов на объекты, построенные на Дальнем Востоке (Приморье, Сахалин), для которых характерно воздействие дождя с ветром в летне-осенний период, что приводит к смачиванию ограждающих конструкций и ухудшению их теплотехнических свойств и как следствие повышению теплопотерь и расход на отопление.

Ключевые слова: тайфуны, циклоны, осадки, ветер, влажность воздуха, ограждающие конструкции.

Летом и осенью территорию Дальнего Востока посещают тропические циклоны (тайфуны) и южные циклоны, которые образуются в Желтом и Южно-Китайском море.

Они приносят с собой сильные ливневые осадки и штормовой ветер, которые являются первичными поражающими факторами, вторичным являются наводнения и подтопление территории.

Большие скорости ветра на Тихоокеанском побережье создают специфические условия эксплуатации зданий и сооружений. При тайфунах и южных циклонах дожди часто бывают с ветром, что приводит к орошению и увлажнению вертикальных поверхностей зданий и сооружений, и в первую очередь ограждающих конструкций.

Таким образом, можно сделать однозначный вывод о том, что тайфуны и южные циклоны являются основным погодообразующим фактором в период с июля по октябрь, как по осадкам, так и по скорости ветра, причем эти факторы, как правило, действуют совместно.

При обработке материалов наблюдений по вертикальному осадкомеру [1] следует, что при скорости ветра 5 - 5,5 м/с на вертикальные поверхности выпадает столько же осадков сколько на горизонтальные. При ветре 10 м/с на вертикальные поверхности выпадает в 2 раза больше осадков, чем на горизонтальные, а при ветре 15 м/с уже в 3 раза больше.

По нашим исследованиям [2] значения абсолютных максимальных величин осадков, выпадающих на вертикальные поверхности, на территории Приморского края, колеблются от 29 мм (Молодежное) до 524 мм (мыс Золотой). Значения максимальных величин осадков на горизонтальную поверхность для этих населенных пунктов равны 68,5 мм и 143,2 мм. Из сравнения этих величин можно сказать, что для станции Молодежное во время сильных дождей характерна безветренная погода, а на мысе, наоборот, дуют сильные ветра, и осадки на вертикальной поверхности могут превышать осадки на горизонтальной поверхности в 3 раза и более. Такая картина характерна для всех мысов. Например, для мыса Поворотный превышение осадков на вертикальной поверхности по сравнению с горизонтальной, составляет  $348/168,8=2,06$  раза, для мыса Белкин -  $365/267,6=1,36$  раза. Наибольшее превышение осадков на вертикальной поверхности по сравнению с горизонтальной соответствует населенным пунктам, расположенным на побережье: Терней и Владивосток - в 2 раза, Находка - 1,32, Ольга - 1,74, Посьет - 1,4 раза.

Для Сахалинской области значение абсолютных максимальных величин осадков выпадающих на вертикальную поверхность, колеблется от 34 мм (Адотимовичи) до 510 мм (Курильск). Значение максимальных величин осадков на горизонтальную поверхность этих населенных пунктов, равно 76,2 и 127,6 мм. Из соотношения этих величин можно сказать, что ветер во время дождя увеличивает осадки на вертикальную поверхность в 1,24 и 4 раза. Аналогичная картина по осадкам на вертикальную поверхность характерна и для мысов. Для мыса Терпения превышение составляет  $391/106,8=3,66$  раза, мыса Крильон -  $208/118,1=1,76$  раза, мыса Васильева -  $289/223=1,31$  раза.

Наблюдается устойчивая картина превышения суточной массы осадков, выпавших на вертикальную поверхность по сравнению с горизонтальной: для Александровска - в 3,77 раза, для Курильска - в 3 раза, для Погиби - в 4,2 раза, для Долинска, Южно-Курильска - в 2 раза, для Макарова - в 1,87 раза.

Таким образом, воздействие ветра во время дождя на увеличение количества осадков на вертикальные поверхности для Приморского края и Сахалинской области весьма значительно, с несколько большим проявлением для пунктов Сахалинской области, что, видимо, связано с ее островным положением. Особенно сильно влияние ветра с дождем сказывается на открытых к морю участках территорий.

Кроме этого, на территории Дальнего Востока в течение холодного периода года относительная влажность воздуха минимальна, а максимум быва-

ет в июле-августе, превышая 90%, или имеется сухая зима и влажное лето.

Теплотехнические свойства ограждающих конструкций значительно определяются их влажностью, с повышением которой увеличивается коэффициент теплопроводности, ухудшаются их теплоизоляционные свойства. Для керамзитобетона объемным весом  $1000 \text{ кг/м}^2$  при влажности 8% коэффициент теплопроводности увеличивается с 0,225 до 0,375 ккал/м час.град., или на 67%. С увеличением влажности с 4 до 20% теплопроводность мерзлого шлакобетона объемным весом  $1200 \text{ кг/м}^3$  возрастает с 0,41 до 0,85 ккал./м. час. град. Или более чем в два раза.

Исследования ДВНИИС 1960 года, проведенные на панельных домах в пяти городах: во Владивостоке, Хабаровске, Комсомольске, Уссурийске и Находке показали, что в качестве основного стенового материала в условиях Дальнего Востока можно использовать керамзитобетон и керамический кирпич. Шлакобетон во всех его разновидностях исключить, ячеистые бетоны требуют изменения технологии их изготовления для уменьшения производственной влажности, так как при эксплуатации зданий они почти не сохнут, что приводит к значительным потерям тепла.

#### Библиографический список

1. Цвид А. А. Комплексный учет климата в строительстве на Дальнем Востоке.- Благовещенск, 1967, 232с.
2. Аббасов П. А., Петрашень А. С. Тайфуны с позиции строителя.- Владивосток, Дальнаука, 2008.-168с.

УДК 721.01:658.511 54

### **ОЦЕНКА СТЕСНЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА (СГП)**

**Баранова Т.Д., Тычинин А.А.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, baranova\_1937@mail.ru*

Излагается методика учета стесненности при разработке СГП, в основе которой лежит «Матрица формирования схем организации строительной площадки в стесненных условиях». Приводятся следующие сведения: наименование стесненности; шифр и соответствующие ему признаки; перечень мероприятий снижающих влияние факторов стесненности на опасность выполнения работ и ухудшающих основные технико-экономические показатели строительства.

Ключевые слова: стесненность, матрица, 1-ая степень, 2-ая степень, 3-я степень, 4-ая степень, 5-степень.

На кафедре «Строительство и управление недвижимостью» (СУН) ДВФУ готовится к изданию Методическое пособие по разработке СГП в стесненных условиях. Материалом для написания пособия явились исследования магистров кафедры, базирующиеся на обобщении сведений нормативно-справочных источников, изучения условий строительства характерных объектов в Дальневосточном регионе, разработке стройгенпланов реальных объектов, расчетов и анализа технико-экономических показателей строительства.

В данной статье излагается методика учета стесненности при разработке СГП, в основе которой лежит «Матрица формирования схем организации строительной площадки в стесненных условиях» (рисунок 1).

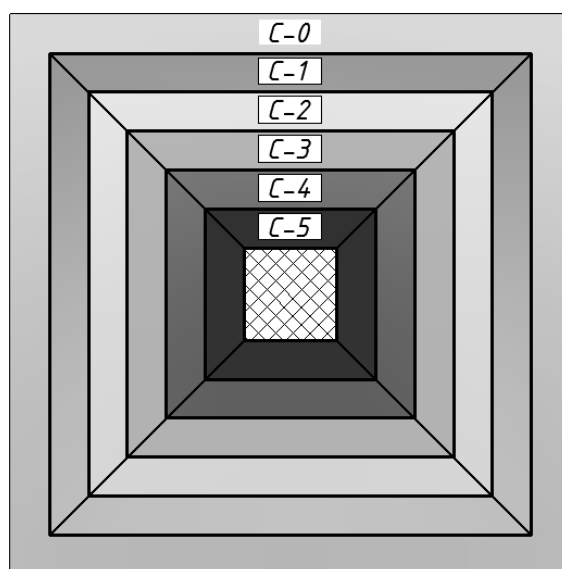


Рисунок 1 - Матрица формирования схем организации Строительной площадки (СП) в условиях стесненности

*C0* - Стесненные условия отсутствуют (существующие строения и сооружения находятся от границы опасной зоны работы крана на расстоянии более 10 м.).

*C1* - 1 степень стесненности (существующие строения и сооружения находятся от границы опасной зоны работы крана на расстоянии менее 10 м.).

*C2*- 2-ая степень стесненности. Существующие здания и сооружения пересекают границу опасной зоны работы крана , находятся от строящегося здания в зоне рассеивания груза (*L*):

$$L = (0.5 * a + v) + l_{омл.},$$

где  $0.5 * a$  - половина минимального габарита груза (м);

$v$  - максимальный габарит груза (м);

$l_{омл.}$  - по СНиП 12-03-2001, Часть 1.

*C3* - 3-я степень стесненности. Существующие здания и сооружения пересекают границу опасной зоны работы крана и находятся от строящегося

здания на расстоянии равном  $R_{max.p}$ .

*C4* - 4-я степень стесненности. Существующие здания и сооружения примыкают к строящемуся зданию.

*C5* - 5-я степень стесненности. Существующие строения не оставляют места под складирование материальных ресурсов и строительного городка.

К матрице прилагается ключ, расшифровывающий следующие вопросы: наименование стесненности; шифр и соответствующие ему признаки; перечень мероприятий снижающих влияние факторов стесненности на опасность выполнения работ и ухудшающих основные технико-экономические показатели строительства.

УДК 624.21

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРОИТЕЛЬСТВА НИЗКОВОДНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ АМУРСКИЙ ЗАЛИВ ВО ВЛАДИВОСТОКЕ**

**Саверченко В. М., Якушкин С. И.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, vsaverchenko@mail.ru*

Низководный мост во Владивостоке, построенный в 2009-2012 гг. к саммиту АТЭС являлся сложным комплексом отдельных мостовых конструкций, выполненных в сложных природных условиях и очень сжатые директивные сроки. В статье приведены технологические регламенты производства работ и ряд технических характеристик моста и строительства в целом.

Ключевые слова: низководный мост, техническая модель, опоры, пролёты, подготовительные работы, верхнее строение.

Низководный мост через Амурский залив в городе Владивосток является самым длинным мостом на морских акваториях в Российской Федерации. Общая длина его составляет 4368м. Мостовой переход является частью новой скоростной автомагистрали «пос. Новый - Де-Фриз - Седанка – бухта Патрокл». Ее общая протяженность около 40 км. Открытие дороги позволило разгрузить федеральную трассу А-370 «Уссури» Хабаровск - Владивосток в обход санаторно-курортной и рекреационной зон полуострова Муравьева-Амурского. Благодаря мосту пропускная способность на въезде в город увеличена более чем в два раза.

Конструктивно мост сталежелезобетонный, балочный, с неразрезными пролётными строениями. Опоры - эстакадного типа на основании из буровых свай с высокими свайными ростверками. Ширина проезжей части моста 19м; общий габарит по перилам - 23м.

Исходя из имеющихся природных условий ОАО «ГИПРОДОРНИИ», совместно с «НПО Мостовик» была разработана проектно-технологическая

документация на строительство низководного моста через Амурский залив Японского моря в районе г. Владивостока. Строительные работы выполнялись в период октябрь 2009 – июнь 2012 гг.

Технологическая модель строительства моста предусматривала следующие циклы строительно-монтажных работ:

- подготовительный этап;
- устройство искусственного основания и буровые работы;
- сооружения опор;
- монтаж верхнего (пролётного) строения;
- устройство проезжей части моста (укладка покрытия);
- обустройство моста и сдача в эксплуатацию.

#### *Геодезические работы*

При строительстве моста геодезические работы выполнялись на всех этапах:

- до начала работ по сооружению моста создавалась геодезическая основа;
- в процессе буровых работ контролировались координаты каждой опоры;
- в процессе бетонирования опор и разбивки осей пролётного строения осуществлялся тщательный пооперационный контроль;
- после установки пролётного строения на опорные части были проведены геодезические измерения и обмерные схемы выполненного сооружения;
- в процессе приёмки в эксплуатацию была введена в действие система геодезического мониторинга.

#### *Устройство устоев*

Береговая опора № 1 на полуострове Де-Фриз. Основание опоры на 4 буровых столбах диаметром 1,5 м, расположенных в 1 ряд. Длина свай 17,8 м. Сваи буронабивные, выполнены в скальных грунтах. Сваи устоя объединены железобетонной насадкой высотой 1,1 м. Шкафная стенка толщиной 50 см имеет на задней грани прилив для опирания переходных плит. Открылки устоя монолитные толщиной 30 см. Материал - бетон В30.

Береговая опора № 81 была сооружена в наземной части моста в поселке Седанка. Строительство опоры ведется на суше. Основание опоры на 88 забивных призматических железобетонных сваях, расположенных в 4 ряда по фасаду моста. Длина свай 8 м. Для придания дополнительной горизонтальной устойчивости опоре сваи наклонены под разными углами. Ростверк железобетонный монолитный высотой 1,5 м.

Работы производились в 3 этапа:

- 1) подготовительные работы (геодезическая разбивка, предварительная вертикальная планировка, обустройство строительной инфраструктуры);
- 2) устройство свайного основания;
- 3) бетонные работы.

#### *Монтаж верхнего (пролётного) строения*

Конструктивно пролётное строение представляет собой неразрезную плеть, состоящую из 6 металлических главных балок, расположенных с ша-



гом 4000 мм. Высота главной балки 3200 мм, толщина нижнего пояса 64 мм. Габарит проезжей части 21м. Для удобства монтажа пролетные строения разбиты на монтажные блоки. Максимальная длина блока 10,5 м. В совместную работу с несущими конструкциями включена монолитная железобетонная плита постоянной толщины 200 мм.

Монтаж металлической части сталежелезобетонного пролетного строения низководного моста осуществлялся: в пролетах 1-76 методом конвейерно-тыловой сборки с циклической продольной надвижкой, а в пролетах 76-81 на сборочных подмостях.

Надвижка металлического пролетного строения производилась одновременно на 4 участках плетью длиной 273м. Плеть в поперечном сечении была разделена на 2 блока по 3 главные балки в каждом.

Надвижка каждого блока плети производилась с помощью клещевых толкающих устройств, по путям скольжения, установленным на постоянных и временных опорах, с опиранием конца пролетного строения на подвижнойскользун, перемещающийся по путям на стапеле.

Для сооружения пролетного строения был устроен временный мост на металлических сваях шириной 6,5м, с рабочими площадками в районе стапелей. Мост через каждые 500м имел площадки для разъезда. После окончания всех работ временный мост был демонтирован.

Проезжая часть была устроена из двухслойного асфальтобетонного покрытия толщиной 110 мм, гидроизоляция плиты проезжей части была выполнена из рулонный материала "Мостопласт".

УДК 624.05

## **СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК**

**Приходько К.А.**

**Научный руководитель: Моисеев Э.В.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, 1977edward@mail.ru*

В работе проанализированы с точки зрения достоинств, недостатков и области применения современные технологии возведения подпорных стенок. Объем данных достаточен для обоснования выбора технологии возведения подпорных стенок на этапе курсового и дипломного проектирования в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: аналитический обзор, подпорные стенки, новые технологии.

Подпорные стенки - это инженерные сооружения, предназначенные для удержания земляной массы от обрушения. Подпорные стенки сооружа-

ются в тех случаях, когда откос массива грунта или насыпи имеет крутизну более предельной величины. Обычно подпорные стенки устраивают вблизи домов, дорог и иных объектов, когда необходимо обеспечить резкий перепад отметки планировки. Для города Владивостока, отличающегося сложным рельефом местности, применение подпорных стенок весьма характерно.

В настоящее время известно около двадцати технологий возведения подпорных стенок, каждая из которых имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Всесторонне взвешенный выбор конструкции и технологии возведения позволяет не только сократить материальные затраты и продолжительность выполнения работ, но и подобрать внешний вид подпорной стенки, гармонично вписывающийся в существующую застройку.

Однако информация, необходимая для инженерно обоснованного выбора конструкции и технологии возведения подпорных стенок имеет разрозненный характер. Существующие обзоры не учитывают новейшие конструкции подпорных стенок и технологии их возведения, появившиеся в последние годы, а также не всегда объективно оценивают их недостатки.

Автором данного аналитического обзора проведен информационный поиск современных конструкций и технологий возведения подпорных стенок по материалам открытых информационных источников: специальной учебной и научной литературы, статьям в периодических изданиях, Интернет-ресурсам, базам данных ФИПС и т.д.

Проанализированы область применения, достоинства и недостатки технологии возведения следующих видов подпорных стенок: массивных из бетона, массивных из бутобетона, массивных из бута, полумассивных из железобетона, тонкоэлементных из железобетона, тонкоэлементных из железобетона с разгружающим устройством, тонких ПС «стена в грунте», шпунтовых из стального профиля, ПС из габионов, из габионов с фермами, из грунтогабионов, ряжевые ПС, армогрунтовых с применением геоячеек, армогрунтовых с применением бетонных блоков, армогрунтовых с обратным загибом решетки, объемных с армированной застенной частью, армогрунтовых с выступом против сдвига. Для упрощения процедуры выбора конструкции и технологии возведения подпорной стенки для конкретных условий составлена морфологическая таблица [1, с.179-182], в которой для каждого вида подпорных стенок собраны данные по долговечности, нормам времени (чел.-ч на  $100\text{м}^3$  конструкции), затратам материальных ресурсов, продолжительности производства работ, стоимости (тыс. руб. на  $100\text{м}^3$  конструкции), сезонному удорожанию выполнения работ, применимости в стесненных условиях, применимости в гидротехническом строительстве и на обводненных территориях. Кроме того, построены аналитические графики, наглядно отражающие данные морфологической таблицы.

По результатам проведенного анализа было выявлено, что самой недолговечной является тонкоэлементная подпорная стенка с выступом против сдвига. В то же время возведение массивной бетонной стенки требует самых

высоких затрат материальных ресурсов. Наиболее высокая норма времени на  $100\text{м}^3$  конструкции, самая длительная продолжительность производства работ, самая высокая стоимость на  $100\text{м}^3$  конструкции наблюдается при возведении ПС методом «стена в грунте».

Наиболее долговечной, по данным проведенного аналитического обзора, является армогрунтовая подпорная стенка с выступом против сдвига. В то же время возведение массивной подпорной стенки из бута требует минимальных затрат материальных ресурсов. Минимальная норма времени на  $100\text{м}^3$  конструкции, и самая кратковременная продолжительность производства работ наблюдаются при возведении тонкоэлементной подпорной стенки. Минимальную стоимость на  $100\text{м}^3$  конструкции имеет армогрунтовая стенка с обратным загибом решетки. Тем не менее, выбор наиболее оптимальной конструкции подпорной стенки и способа ее возведения зависит от конкретных гидрогеологических условий, доступности необходимых материалов и особенностей архитектурного решения окружающей застройки.

Материалы данного аналитического обзора могут быть использованы для предварительного выбора конструкции и технологии возведения подпорных стенок. Следует отметить, что по отдельным позициям материалы данного обзора являются неполными и требуют дальнейшей детализации. Однако уже в настоящее время объем данных аналитического обзора достаточен для обоснования выбора подпорных стенок в рамках дипломного проектирования в высших учебных заведениях, обучающих студентов по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» и «Проектирование зданий и сооружений». Так, материалы данного аналитического обзора применялись на этапе дипломного проектирования в Инженерной школе ДВФУ студентами очной и заочной форм обучения. Кроме того, подготовленные материалы могут использоваться при чтении лекционных курсов по дисциплинам «Технология, организация и механизация строительного производства», «Основы строительного производства», «Технологические процессы в строительстве».

На кафедре «Строительство и управление недвижимостью» ДВФУ предполагается дальнейшее развитие данной темы. В частности, планируется разработка технологических карт и карт трудовых процессов на возведение подпорных стенок по представленным в аналитическом обзоре технологиям в рамках НИР и НИРС.

#### Библиографический список

1. Моисеев Э.В. Область применения морфологического метода, его достоинства и недостатки. Сборник трудов «Труды ДВГТУ». Владивосток, ДВГТУ, 2007. С. 179-182.

## **СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КУПОЛОВ**

**Приходько К.А.**

**Научный руководитель: Моисеев Э.В.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, 1977edward@mail.ru*

В работе проанализированы с точки зрения достоинств, недостатков и области применения современные технологии возведения куполов. Объем данных достаточен для обоснования выбора технологии возведения куполов на этапе курсового и дипломного проектирования в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: аналитический обзор, купола, новые технологии.

Купола – это пространственные конструкции по форме близкие к полусфере или другой поверхности вращения кривой (эллипса, параболы и т.д.). Купольные конструкции применяют для перекрытия круглых, эллиптических и многоугольных в плане зданий или сооружений. Купола обладают особой архитектурной выразительностью и позволяют перекрывать значительные пространства без дополнительных промежуточных опор.

В настоящее время известно полтора десятка технологий возведения куполов, эффективность применения которых зависит от ряда факторов. Обоснованный выбор конструкции купола и технологии его возведения позволяет сократить расход ресурсов при выполнении работ и сроки строительства, а также обеспечить архитектурно выразительный облик здания или сооружения.

Однако информация, необходимая для инженерно обоснованного выбора конструкции и технологии возведения куполов имеет разрозненный характер. В источниках зачастую отсутствуют недостатки и границы эффективного применения рассматриваемых технологий; а новейшие технологии возведения куполов описаны поверхностно, с недостаточной степенью детализации.

Автором данного аналитического обзора проведен информационный поиск современных конструкций и технологий возведения куполов по материалам открытых информационных источников: специальной учебной и научной литературы, статьям в периодических изданиях, Интернет-ресурсам, базам данных ФИПС и т.д.

Проанализированы область применения, достоинства и недостатки технологии возведения следующих видов куполов: монолитных и сборно-монолитных куполов-оболочек (с использованием в процессе возведения подмостей, мелкощитовой опалубки, пневмоопалубки); ребристые железобетонные и металлические купола, ребристо-кольцевые купола, в том числе со связями (для которых рассматривались поярусный монтаж и секционный

монтаж укрупненных элементов); сетчатые железобетонные и металлические купола (с применением поярусного зубчатого и нисходящего вариантов сборки), а также пластинчатые купола (возведение которых возможно с применением поярусной сборки и пневмоопалубки).

Для упрощения процедуры выбора конструкции и технологии возведения купола для конкретных условий составлена морфологическая таблица [1, с.179-182], в которой для каждого варианта возведения куполов собраны данные по прочности конструкции, продолжительности возведения, возможной степени предварительного укрупнения, технологической сложности возведения конструкции (в том числе сложности монтажа, возведения опалубочной системы и бетонирования), требуемая квалификация рабочих, удельный расход металла и бетона, удельный вес возводимой конструкции.

По результатам проведенного анализа было выявлено, что наименее прочными являются пластинчатые купола, наибольшая продолжительность возведения требуется для монолитного купола с использованием мелкощитовой опалубки, наибольший удельный вес имеют купольные сооружения, возведенные по сборно-монолитной технологии. Самыми прочными являются железобетонные купола, возведенные по сборно-монолитной технологии, быстрее всего возможно возвести сборно-монолитные и пластинчатые купола с использованием пневмоопалубки, наименьший удельный вес имеют монолитные купола, возведенные с использованием пневмоопалубки. Тем не менее, выбор наиболее оптимальной конструкции и технологии возведения купола в первую очередь зависит от особенностей архитектурного решения здания или сооружения.

Материалы данного аналитического обзора могут быть использованы для предварительного выбора конструкции и технологии возведения куполов. Необходимо отметить, что по ряду позиций данный аналитический обзор является неполным и требует дальнейшей детализации. Тем не менее, предлагаемый аналитический обзор может применяться для обоснования выбора технологии возведения куполов в рамках дипломного проектирования в ВУЗах, при подготовке студентов по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» и «Проектирование зданий и сооружений». Материалы данного аналитического обзора применялись на этапе подготовки дипломных проектов студентами очной и заочной форм обучения в Инженерной школе ДВФУ. Подготовленные материалы могут использоваться при чтении лекционных курсов по дисциплинам «Технология, организация и механизация строительного производства», «Основы строительного производства», «Технологические процессы в строительстве».

На кафедре «Строительство и управление недвижимостью» ДВФУ планируется дальнейшая проработка данной темы в рамках НИР и НИРС. В частности, разрабатываются технологические карты и карты трудовых процессов на возведение куполов по представленным в аналитическом обзоре технологиям. Так, автором данной статьи были разработаны технологиче-

ская карта на возведение монолитного железобетонного купола, утепленного пенополиуретаном, с применением пневматической опалубки, а также технологическая карта на возведение сборного железобетонного купола. В качестве объекта-представителя было выбран проект здания планетария в г. Владивостоке. Дальнейшая работа по созданию ТК и КТП на возведение куполов позволит дополнить данный аналитический обзор, уточнить и детализировать морфологическую таблицу, построить аналитические графики.

#### Библиографический список

1. Моисеев Э.В. Область применения морфологического метода, его достоинства и недостатки. Сборник трудов «Труды ДВГТУ». Владивосток, ДВГТУ, 2007. С. 179-182.

УДК 624.05

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА НА ВОЗВЕДЕНИЕ МОНОЛИТНОГО КУПОЛА, УТЕПЛЕННОГО ПЕНОПОЛИУРЕТАНОМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ОПАЛУБКИ**

**Приходько К.А.**

**Научный руководитель: Моисеев Э.В.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, 1977edward@mail.ru*

Разработана технологическая карта на возведение монолитного купола, утепленного пенополиуретаном, с применением пневматической опалубки (объект-представитель – здание планетария), может применяться в качестве образца на этапе курсового и дипломного проектирования в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: технологическая карта, монолитный купол, пневматическая опалубка.

Пневматическая опалубка состоит из формообразующей гибкой воздухопорной оболочки, поддерживаемой в рабочем положении избыточным давлением воздуха. Применение пневмоопалубки позволяет обеспечить минимальную продолжительность возведения куполов и существенную экономию расхода ресурсов. Подробная информация о технологии использования пневматической опалубки необходима при разработке проектно-технологической документации. Однако в ходе проведенного автором информационного поиска не удалось выявить технологическую карту на возведение монолитного купола с применением пневматической опалубки.

В связи с вышеизложенным, автором данной работы было принято решение разработать ТК на возведение монолитного купола, утепленного пенополиуретаном, с применением пневматической опалубки. Технологическая

карта разрабатывалась в рамках дипломного проектирования на кафедре «Строительство и управление недвижимостью» Инженерной школы ДВФУ.

В качестве объекта-представителя принят планетарий в г. Владивостоке, архитектурно-конструктивное решение которого разработано автором данной работы в рамках дипломного проектирования. Диаметр возводимого купола 28м. Купол опирается на монолитную ранд-балку, объединяющую монолитные железобетонные колонны. Отметка уровня опирания купола на ранд-балку +7,800 м от уровня поверхности земли. Строительно-монтажные работы ведутся в две и три смены, в период положительных температур с использованием самоходного крана КС-8973, коленчатого самоходного подъемника Nifty HR 21, системы напыления GRACO REACTOR E-30i, торкрет установки SSB 02 (модель COM-V). Продолжительность строительно-монтажных работ по календарному графику составляет 18 дней.

В состав работ по возведению железобетонного купола входят: раскладка пневмоопалубки с креплением ее к анкерным болтам, наполнение пневмоопалубки воздухом под давлением (рисунок 1), теплоизоляция плоских и криволинейных поверхностей пенополиуретаном методом напыления, установка креплений арматуры, установка и вязка арматуры отдельными стержнями в тонкостенные оболочки, торкретирование поверхности, демонтаж опалубки.

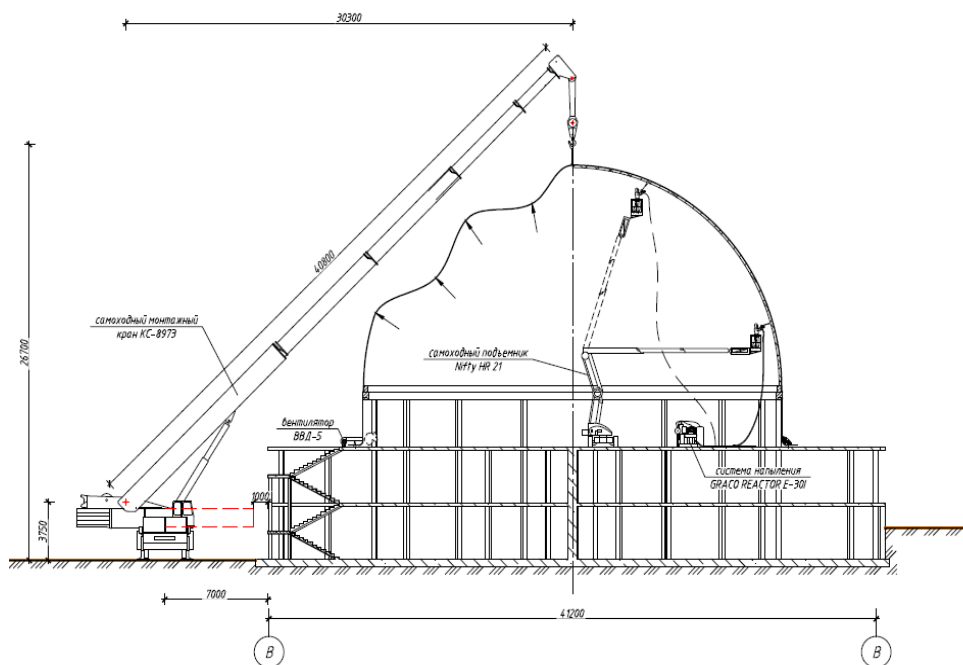


Рисунок 1 – Наполнение пневматической опалубки воздухом под давлением и напыление пенополиуретана

Технологические чертежи и схемы представлены на листе формата А1. Состав пояснительной записки технологической карты принят на основе требований выпускающей кафедры [1, С.73], и включает в себя: область применения, организацию и технологию выполнения работ, требования к

качеству и приемке работ (включая схему операционного контроля качества), калькуляцию затрат труда, машинного времени и заработной платы, календарный график производства работ (состоящий из табличной части, линейного графика Ганта и столбчатого графика движения рабочих), материально-технические ресурсы (ведомость машин, механизмов, инструментов, приспособлений и оснастки; ведомость материалов, полуфабрикатов, деталей и изделий), технику безопасности, технико-экономические показатели.

Необходимо отметить, что с целью экономической оценки эффективности предлагаемой технологической карты на возведение купола с применением пневматической опалубки, на объект-представитель автором также была разработана ТК на устройство сборного купола, утепленного пенополиуретаном с применением классической поэлементной технологии монтажа. Проведенные расчеты показывают, что по всем ТЭП (за исключением продолжительности выполнения работ) изготовление монолитного железобетонного купола с применением пневматической опалубки является экономически более выгодным по сравнению с возведением сборного железобетонного купола с применением традиционной технологии поэлементного монтажа. Технологическая карта на возведение монолитного купола, утепленного пенополиуретаном, с применением пневматической опалубки, может применяться в качестве образца на этапе курсового и дипломного проектирования при подготовке студентов по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» и «Проектирование зданий».

#### Библиографический список

1. Промышленное и гражданское строительство: учебно-методический комплекс / сост.: Б.В.Краснощек, Т.Д.Баранова; Дальневосточный государственный технический университет. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. 156с.

УДК 624.05

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ЛЕДОВЫХ ПОКРЫТИЙ В СПОРТИВНЫХ ОБЪЕКТАХ**

**Винокуров В.А.**

**Научный руководитель: Моисеев Э.В.**

*Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, 1977edward@mail.ru*

В работе проанализированы с точки зрения достоинств, недостатков и области применения современные технологии устройства ледовых покрытий в спортивных объектах. Объем данных достаточен для обоснования выбора технологии возведения ледовой арены на этапе курсового и дипломного проектирования в высших учебных заведениях.



Ключевые слова: аналитический обзор, ледовые покрытия, новые технологии.

Каток – ровная ледяная поверхность, предназначенная для катания на коньках или санках. Катки делятся по типу льда на искусственные, естественные и синтетические; по назначению на массовые и спортивные; по конструктивному решению на крытые и открытые.

На результативность тренировочных и соревновательных процессов конькобежцев на искусственном катке (также как и на открытом) существенное влияние оказывают скоростные качества льда, которые зависят от технологии его приготовления.

Система ледовой арены состоит из 4 главных элементов:

- одна или несколько холодильных установок (чиллер);
- система труб для подключения матов ледовой арены к холодильной установке;

- система матов (трубок) основания ледовой арены;

- хладагент (рефрижерант)- рабочая жидкость холодильной установки.

В настоящее время известно три вида спортивного льда, каждый из которых имеет свои особенности, достоинства и недостатки. Всесторонне взвешенный выбор конструкции и технологии возведения позволяет не только сократить материальные затраты и продолжительность выполнения работ, но и подобрать внешний вид катка, гармонично вписывающийся в существующую застройку.

Однако информация, необходимая для инженерно обоснованного выбора конструкции и технологии возведения ледовых покрытий имеет разрозненный характер. Существующие обзоры не учитывают новейшие конструкции ледовых арен и технологии их возведения, появившиеся в последние годы, а также не всегда объективно оценивают их недостатки.

Автором данного аналитического обзора проведен информационный поиск современных технологий устройства ледовых покрытий по материалам открытых информационных источников: специальной учебной и научной литературы, статьям в периодических изданиях, Интернет-ресурсам, базам данных ФИПС и т.д.

Проанализированы область применения, достоинства и недостатки технологии возведения следующих видов ледовых покрытий: естественный лед, искусственный лед и синтетический лед. Для упрощения процедуры выбора технологии заливки льда, составлена морфологическая таблица [1, с.179-182], в которой для каждого вида льда собраны данные по скольжению, истиранию, затратам на создание катка. Кроме того, построены аналитические графики, наглядно отражающие данные морфологической таблицы.

По результатам проведенного анализа было выявлено, что самым долговечным является синтетический лед, самым истираемым – естественный. В то же время искусственный лед предусматривает большие финансовые затраты на создание и поддержание качественного ледового покрытия.

Добавим также, что в представленный аналитический обзор также включены данные по видам фундаментов и дренажных систем при возведении ледовых арен, что обеспечивает дополнительную ценность данной работы.

Материалы данного аналитического обзора могут быть использованы для предварительного выбора конструкции и технологии возведения ледовых покрытий. Следует отметить, что по отдельным позициям материалы данного обзора являются неполными и требуют дальнейшей детализации. Однако уже в настоящее время объем данных аналитического обзора достаточен для обоснования выбора технологии возведения ледовой арены в рамках дипломного проектирования в высших учебных заведениях, обучающих студентов по специальностям «Промышленное и гражданское строительство» и «Проектирование зданий и сооружений». Так, материалы данного аналитического обзора применялись на этапе дипломного проектирования в Инженерной школе ДВФУ студентами очной и заочной форм обучения. Кроме того, подготовленные материалы могут использоваться при чтении лекционных курсов по дисциплинам «Технология, организация и механизация строительного производства», «Основы строительного производства», «Технологические процессы в строительстве».

На кафедре «Строительство и управление недвижимостью» ДВФУ предполагается дальнейшее развитие данной темы. В частности, планируется разработка технологических карт и карт трудовых процессов на возведение ледовых арен по представленным в аналитическом обзоре технологиям в рамках НИР и НИРС.

#### Библиографический список

1. Моисеев Э.В. Область применения морфологического метода, его достоинства и недостатки. Сборник трудов «Труды ДВГТУ». Владивосток, ДВГТУ, 2007. С. 179-182.

УДК 622.6

## АНАЛИЗ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ СИСТЕМ

**Грушевская Е.Н., Хотим Н.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Мусафирова Г.Я.**

*Гродненский государственный университет им. Я. Купалы,  
г. Гродно, grushevskay\_en@grsu.by*

Произведен анализ модифицирующих добавок, который показал, что на основе сочетания их и гипсового вяжущего можно получить материалы с высокими физико-техническими свойствами. Также в работе рассматривается модификация гипсовых вяжущих термопластичными полимерами (в т.ч. вторичными), при использовании которых возможно получение новых мате-

риалов с улучшенными свойствами (повышенные прочностные и гидрофизические показатели).

Ключевые слова: гипсовые вяжущие, модифицирующие добавки, термопластичные полимеры, рециклинг полимерных отходов, пластификаторы, гидрофобизаторы.

Гипсовые материалы и изделия являются перспективными строительными материалами благодаря своей простоте, высокой скорости схватывания, экономичности и малой энергоемкости производства. Одной из основных задач строительной промышленности на современном этапе является улучшение такого свойства гипсового вяжущего, как его водостойкость. Для повышения водостойкости гипсовых вяжущих, увеличения водонепроницаемости и физико-механических характеристик целесообразно вводить в состав гипсовых вяжущих термопластичные полимеры. Следует отметить, что полимерные добавки вводят в строительные материалы в небольших количествах (1-5% от массы минерального вяжущего) с целью их пластификации или гидрофобизации. Особенно актуально такое направление современного материаловедения, если в качестве полимерных добавок применять вторичные термопластичные полимеры. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих позволит расширить область применения гипса и позволит решить такую немаловажную проблему, как проблема утилизации полимерных отходов. Вторичная переработка полимеров актуальна не только с позиции охраны окружающей среды, но и в связи с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья вторичные полимеры могут стать мощным сырьевым и энергетическим ресурсом [1, С.178]. Проблема рециклинга полимерных отходов особенно актуальна для Беларуси и, в частности, для Гродненского района, на территории которого также имеются полимерные отходы, представленные отходами производственного и общественного потребления, (результат выхода из строя изделий из полимерных материалов, используемых в различных отраслях народного хозяйства, таких как амортизационные шины, тара и упаковка, отходы сельскохозяйственной пленки, мешки из-под удобрений и др.), также имеются полимерные технологические отходы производства. Поэтому одним из направлений рециклинга полимерных отходов может являться использование их при получении гипсополимерных материалов.

Целью работы является анализ модифицирующих добавок позволяющих разработать новые материалы на основе гипсовых вяжущих, которые можно применять как для внутренних, так и для наружных работ.

Основной причиной низкой водостойкости гипсовых изделий является относительно высокая растворимость кристаллов двуводрата в порах изделий с образованием насыщенного раствора сульфата кальция [2, С.57].

Анализ работ по повышению водостойкости гипсовых вяжущих позволяет определить следующие тенденции в исследованиях по улучшению технических свойств гипсовых вяжущих: повышение плотности изделий за счет их изготовления методом трамбования и прессования из малопластич-

ных смесей; повышение водостойкости гипсовых изделий наружной и объемной гидрофобизацией, пропиткой изделий веществами, препятствующими проникновению в них влаги; применение химических добавок, в том числе пластифицирующих, позволяющих модифицировать различные свойства гипсобетонов; уменьшение растворимости в воде сульфата кальция и создание условий образования нерастворимых соединений, защищающих двугидрат сульфата кальция, сочетанием ГВ с гидравлическими компонентами (известью, портландцементом, активными минеральными добавками) [3, С.28-31]. В качестве гидрофобизаторов применяют соли жирных кислот, некоторых металлов (медь, алюминий, цирконий), катионоактивные поверхностно-активные вещества, а также низко- и высокомолекулярные кремний-органические соединения. Для снижения водопотребности можно использовать добавки поверхностно-активных веществ ЛСТ, СНВ, ВРП-1, а также суперпластификаторы. Одним из наиболее эффективных способов повышения водостойкости строительного гипса является введение в него веществ, вступающих в химическое взаимодействие между собой и гипсовым вяжущим, с образованием водостойких и твердеющих в воде продуктов. Такими веществами являются портландцемент, гранулированные доменные шлаки, известь в сочетании с активными минеральными добавками (АМД). В качестве АМД используют трепел, диатомит, опоки, активные золы, кислые гранулированные доменные шлаки, золу-унос [4, С.120-121; 5, С.18-25].

Особого внимания на наш взгляд заслуживают применения в качестве модификаторов гипсовых вяжущих вторичные термопластичные полимеры: в гипсополимерных растворах полимер влияет на физико-химические процессы твердения минерального вяжущего и изменяет структуру затвердевшего раствора, встраиваясь в него в виде самостоятельной фазы и снижая тем самым растворимость гипса. Прослойка полимера, связывая минеральные составляющие раствора, повышает его прочность при растяжении и изгибе, снижает водопроницаемость. Таким образом, в гипсополимерных материалах сочетается двойное действие органического и минерального вяжущих, что позволяет получать материалы с улучшенными свойствами.

Анализ модифицирующих добавок показал, что на основе сочетания гипсового вяжущего и полимера, можно максимально использовать лучшие качества каждого компонента и свести к минимуму их отрицательные свойства. Разработка модифицированных вторичными термопластами строительных материалов на основе гипсовых минеральных вяжущих является перспективным направлением строительной индустрии.

#### Библиографический список

1. Мантия Ф.Л. Вторичная переработка пластмасс. / Ф.Л. Мантия. – СПб.: Профессия, 2007. – 400 с.
2. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): справочник. Под общ. ред. А.В. Ферронской. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.
3. Попов К.Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики: Учеб. пособие для СПТУ. / К.Н. Попов.– М.: Высш. Шк., 1987. – 72 с.

4. Сураев В.Г. Гидрофобизация. Теория и практика // Технология строительства.-2002.-№1.-С.120-121.

5. Коровяков В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения. «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века».2005.-№3.- С. 18-25.

УДК 691.31

## **О ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Сидоренко Ю.В., Терехина О.С., Карнилов Д.А.**

**Научный руководитель: к.т.н. Сидоренко Ю.В.**

*Самарский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Самара, sm-samgasa@mail.ru*

Применение компьютерного моделирования позволяет оптимизировать работу, связанную с разработкой систем производства строительных материалов.

Ключевые слова: высшее образование, строительные материалы, моделирование, системы проектирования материалов.

Образовательный процесс в ВУЗах отличается активным применением разнообразных технических, информационно-вычислительных средств, а без знаний в области технологий производства строительных материалов, изделий и конструкций невозможно подготовить высококвалифицированного инженера – строителя, инженера-строителя-технолога. Поэтому в ходе обучения особое внимание уделяется основам производства наиболее востребованной продукции общестроительного назначения. Современный технический прогресс в области производства материалов связан с исследованиями, проектированием и созданием новых высокоэкономичных технологий и эффективных материалов с применением методов математического моделирования [1 - 4]. Подобные вопросы рассматривались, в частности, на примерах: моделирования процессов производства и контактно-конденсационного (не-автоклавного) твердения силикатных материалов; моделирования процессов производства и твердения легких пенобетонов; совершенствования технологий производства смешанных минеральных вяжущих веществ и т.д. [2, 3]. Моделирование позволяет получить необходимую информацию об исследуемой системе при наименьших затратах времени и средств, спрогнозировать вероятностную структуру изучаемого объекта и процессов, происходящих в твердеющих системах.

Расчет энергетических и материальных балансов при выполнении курсовых и дипломных работ студентов и магистрантов является важным этапом проектирования систем производства строительных материалов

(СПСМ), т.к. позволяет определить нагрузки на технологические элементы необходимые для последующего расчета [2]. Математическое моделирование материальных и энергетических потоков СПСМ включает в себя (помимо уравнений материальных и энергетических балансов) топологическое описание конфигурации технологической схемы, в основе которого находится понятие графа. В математическом плане графу можно привести в соответствие некоторую модель в виде матрицы, которую и будет обрабатывать ЭВМ.

Математическая модель материальных и энергетических балансов СПСМ представляет собой совокупность [4]: системы матриц, описывающих топологическую взаимосвязь компонентных, общих материальных и энергетических потоков; аналитических выражений в форме законов сохранения массы и энергии для внутренних узлов графов, что соответствует системе независимых уравнений в виде первого закона Кирхгофа; граничных условий; уравнений функциональных связей, представляющих собой ограничения на систему потокораспределения. Каждый вид СПСМ требует задания своего подмножества ограничений на материальные и энергетические потоки и, следовательно, своего индивидуального расчета. Материальные балансы выражают закон сохранения массы для узлов материального потокового графа. В качестве таких узлов выступают технологические операторы, в которых происходит перераспределение массовых расходов. Каждый технологический оператор может быть связан как с другими операторами схемы, так и с внешней средой, что конструктивно реализуется различными транспортными средствами и т.д. Операторы могут быть связаны с внешней средой фиктивными потоками, что зависит от исчезновения или появления компонентов в результате происходящих химических реакций. Знание энергетических балансов позволяет определить глубину происходящих процессов преобразования энергии, найти точки контроля для внедрения автоматизации производственных процессов СПСМ.

#### Библиографический список

1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии: Топологический принцип формализации.– М.: Наука, 1979.- 394 с.
2. Сидоренко Ю.В. Компьютерные технологии в расчете материальных потоков при выполнении курсовых и дипломных работ, магистерских диссертаций: методические указания. – Самара: СГАСУ, 2007. – 44 с.
3. Сидоренко Ю.В., Коренькова С.Ф. Многоуровневый синергетический подход к формированию механизма твердения контактно-конденсационных систем силикатного типа: монография. - Самара: СГАСУ, 2005.- 112 с.
4. Сидоренко Ю.В. Строительно-технологическая производственная система как объект моделирования. // Фундаментальные исследования. - М.: Академия естествознания.- 2006. - № 4.- С. 35 - 37.

## УЛЬТРАВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ КАК СРЕДСТВО УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Герасимук А.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Кипервассер М.В.

Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк

По мере развития энергетики, наращивания генерирующих и потребляющих мощностей, необходимость в передаче больших объёмов электроэнергии на большие расстояния увеличивается. Целесообразно, чтобы одна, отдельно взятая линия электропередачи имела максимальную пропускную способность (натуральную мощность). Таким требованиям отвечают линии УВН – ультравысокого напряжения.

Ключевые слова: ультравысокое напряжение, эффективность, электропередача, потери мощности.

К классу ультравысокого (УВН) относятся напряжения от 1150 кВ и выше. Ультравысокое напряжение предоставляет большие преимущества при передаче энергии на большие расстояния. Это обусловлено резким возрастанием натуральной мощности  $P_{\text{нат}}$  и уменьшением потерь в ЛЭП. Потери активной мощности обуславливаются наличием активного сопротивления у линии. Через закон Ома и формулу мощности, их можно расписать следующим образом [1, С. 228-229]:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{ЛЭП}} &= 3 \cdot I_{\text{ЛЭП}}^2 R_{\text{ЛЭП}} = 3 \left[ (I_{\text{ЛЭП}} \cos \varphi)^2 + (I_{\text{ЛЭП}} \sin \varphi)^2 \right] R_{\text{ЛЭП}} = \\ &= 3(I_a^2 + I_p^2) R_{\text{ЛЭП}} = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{ЛЭП}}^2} R_{\text{ЛЭП}} = \frac{S_{\text{ЛЭП}}^2}{U_{\text{ЛЭП}}^2} R_{\text{ЛЭП}} \end{aligned} \quad (1)$$

где  $U_{\text{ЛЭП}}$ ,  $I_{\text{ЛЭП}}$ ,  $R_{\text{ЛЭП}}$  – напряжение, ток, сопротивление фазы ЛЭП,  
 $I_a$ ,  $I_p$  – активная и реактивная составляющие тока  $I_{\text{ЛЭП}}$ ,  
 $P$ ,  $Q$ ,  $S$  – активная, реактивная, полная мощности.

Активное сопротивление ЛЭП, по известной формуле:

$$R_{\text{ЛЭП}} = \frac{\rho \cdot l}{n \cdot F_{\text{ЛЭП}}}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление провода ЛЭП,

$l$  – протяженность ЛЭП,

$F_{\text{ЛЭП}}$  – сечение провода ЛЭП,

$n$  – число проводов в фазе.

Исследуя формулы (1) и (2), не сложно сделать вывод, что потери мощности линейно зависят от длины ЛЭП, имеют параболическую (квадратичную) зависимость от тока, и гиперболическую (обратную квадратичную) зависимость от напряжения. Например, при передаче 5,5 ГВт мощности по

двум ВЛ-750 кВ с проводом АС-300 (5 в фазе) на расстояние 1500 км потери составят 242 МВт – весьма существенно. При передаче же этой же мощности по одной ВЛ-1150 кВ (8 проводов АС-300 в фазе), эквивалентной двум на 750 кВ – потери составят 128 МВт. Далее, при повышении напряжения до 1500 и 1800 кВ – 55 МВт и 28 МВт соответственно. В графическом виде эта зависимость представлена на рисунке 1.

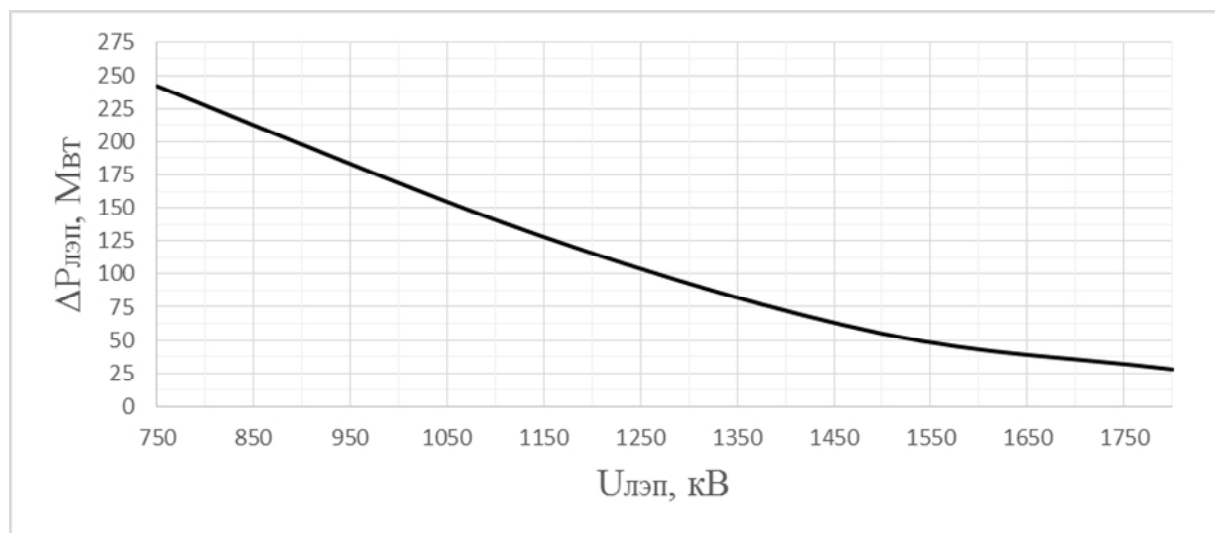


Рисунок 1 – Мощность, теряемая в ЛЭП при передаче 5,5 ГВт на расстояние 1500 км

Напряжения 1500 и 1800 кВ выбраны с учётом того, что пропускная способность ВЛ в этих случаях возрастает в 2 и 3 раза соответственно, по сравнению с ВЛ-1150 кВ. Это является обоснование при создании новых уровней напряжения ВЛ [1, С. 276].

Натуральная мощность является основным параметром линии электропередач. Приведём следующую таблицу характеристик ЛЭП [2, С.31].

Таблица 1 – Натуральная мощность ВЛ 330 – 1150 кВ

U <sub>ном</sub> , кВ	L, км	Провода марки АС	P <sub>нат</sub> , МВт	Пропускная способность по статической устойчивости		Пропускная способность по термической устойчивости	
				P <sub>с.у</sub> , МВт	в долях от P <sub>нат</sub>	P <sub>с.у</sub> , МВт	в долях от P <sub>нат</sub>
330	200-300	2x300	406	1052	2,59	760	1,32
500	400-500	3x450	930	1490	1,6	1740	2,25
750	400-500	5x300	2250	3600	1,6	4600	2,05
1150	400-500	8x300	5700	9200	1,6	11000	1,93
1550	500-700	11x300	10750	14500	1,4	16400	1,6
1800	500-700	15x300	14750	18200	1,2	19500	1,32

Данные для напряжений 1500 и 1800 кВ получены экстраполированием данных других классов напряжения. Анализируя таблицу 1, можно уви-



деть, что натуральная мощность ВЛ, при повышении напряжения, начинает резко возрастать, причём, нелинейно (рисунок 2).

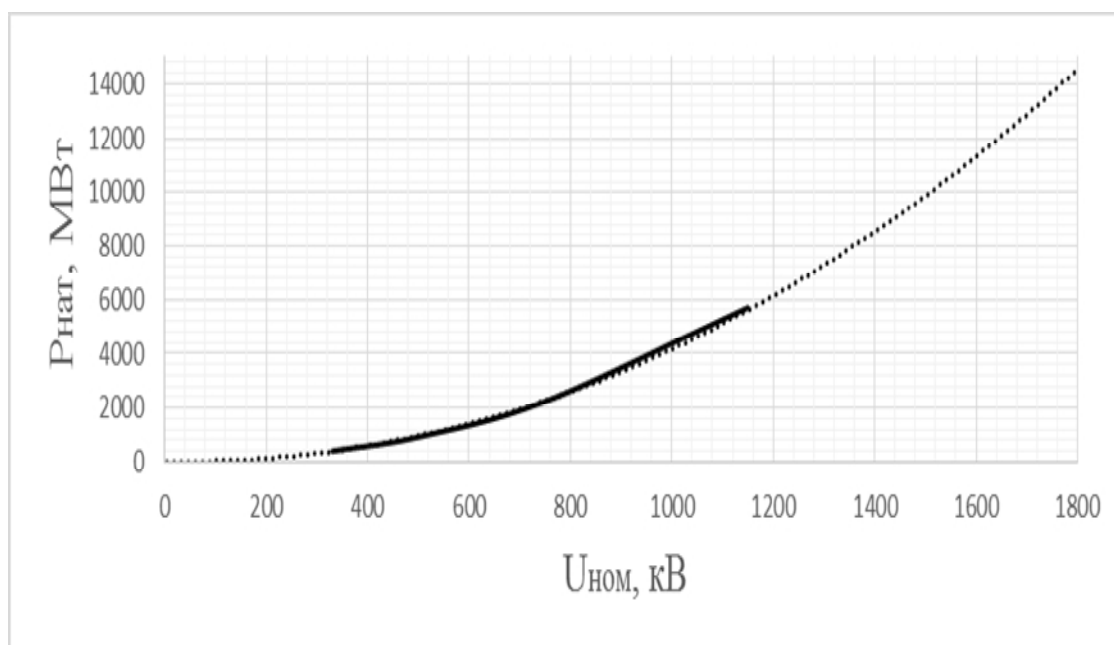


Рисунок 2 – Зависимость натуральной мощности ВЛ от номинального напряжения

Резкий рост мощности ВЛ можно объяснить на основе формулы натуральной мощности ВЛ:

$$P_{\text{нат}} = 3U_{\text{ЛЭП}} \cdot 2\pi\epsilon_0\epsilon nk_{\text{исп}} \quad (3)$$

где:  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – диэлектрическая постоянная вакуума,

$\epsilon = 1$  - диэлектрическая постоянная воздуха,

$n$  - число проводов в фазе,

$k_{\text{исп}}$  - коэффициент использования провода, характеризующий распределение зарядов по поверхности каждого из проводов фазы. Зависит от конструктивных особенностей фаз (числа проводов фазы, расстояния расщепления и др).

Как следует из таблицы 1 и формулы (3), резкий рост натуральной мощности ЛЭП обуславливается одновременным увеличением уровня напряжения и числа проводов в фазе. Применение же не стандартного расщепления фазы может позволить добиться ещё большей пропускной способности ВЛ [1, С. 58].

Оборудование УВН является очень дорогостоящим. Применительно напряжению 1800 кВ (получено экстраполирование данных графиков [1, С. 280]): 1 км линии будет стоить в 7 - 8 раз дороже, а ячейка выключателя - в 5 - 6 раз дороже, чем для напряжения 750 кВ. Пропускная способность ВЛ–1800 кВ будет почти в 7 раз выше, чем у ВЛ-110 кВ, при этом, потери будут ниже в 9 раз (рисунок 1).

Передаче большой мощности на большие расстояния посредством УВН ЛЭП весьма выгодна, так как одна ультра высоковольтная ЛЭП способна передать значительно больше мощности со значительно меньшими потерями, по сравнению с несколькими более низковольтными ЛЭП.

#### Библиографический список

1. Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения. Учебник для вузов / Ю. П. Рыжов - М.: МЭИ, 2007.– 488 с.
2. Александров Ю.П., Ершевич В.В. Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения / Ю.П. Александров, В.В Ершевич и др.- Л.: Энергоатомиздат, 1983.- 368 с.

УДК 666.943 (07)

## **ВТОРИЧНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ (ВМР) – СЫРЬЁ ДЛЯ СТРОЙИНДУСТРИИ**

**Девяткина Д.О., Тюменцев С.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Панова В.Ф.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Исследованы отходы угольной промышленности, а именно горелые породы, образующиеся в результате самообжига за счет остаточного углерода. Приведен химический и минеральный составы горелых пород. Подобран известковый компонент в виде известковой пыли газоочистки. Определен состав двухкомпонентного вяжущего марки 200-250. Рассчитано содержание сульфатной добавки в цемент.

Ключевые слова: техногенные продукты, горелая порода, известковая пыль, радиоактивность, вторичные минеральные ресурсы, цемент

Отходами угольной промышленности являются вскрышные (образуются при открытом способе добычи угля) и вмещающие (образуются при шахтной добыче) породы, отходы углеобогащения, горелые породы (образуются при самообжиге вскрышных пород из-за большого содержания остаточного углерода в конусных и плоских терриконидах). Эти вторичные минеральные ресурсы (ВМР) могут найти применение в производстве строительных материалов и изделий.

Целью данного исследования является изучение техногенных продуктов угольной промышленности (горелых пород) и пыли газоочистки известкового производства (таблица 1) для возможного применения в промышленности строительных материалов.

Таблица 1-Химический состав исследуемых ВМР

Наименование ВМР	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	CaO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Горелая порода	67,35	0,414 3	9,18	0,354	6,043	0,687	8,69	7,37	-	-
Известковая пыль	5,46	1,67	1,47	-	5,21	-	0,55	85,46	0,014	0,053

Горелые породы образуются в результате самообжига за счет остаточного углерода. При горении пород в аэрируемых условиях образуются кислородосодержащие вещества: гематит, ангидрит, известь, периклаз и др. Прокаливание породы в восстановительной неаэрируемой среде дает следующие минералы: карбиды железа, моносulfиды железа, ольдгамит, флюорит, анортиты и др. Преобладающим вещественным составом горелых пород являются аргиллиты, песчаники и алевролиты

Известковая пыль – пыль газоочистки известкового производства (в данном случае производства ОАО «ЕВРАЗ-ЗСМК»). Образуется на предприятиях по производству извести и сосредотачивается в фильтрах, после очистки которых (один раз в смену) ее вывозят в отвал.

Вследствие высокой дисперсности известковой пыли после гашения в ней отсутствуют не погасившиеся зёрна, поэтому исключается возможность появления дутиков в изделии. Известковая пыль имеет насыпную плотность 660 кг/м<sup>3</sup>, а в уплотнённом состоянии 810 кг/м<sup>3</sup>. В своём составе содержит 50...60 % кальцита CaCO<sub>3</sub>, 20...30 % портландида Ca(OH)<sub>2</sub>, 5...6 % извести CaO и до 5 % примесей.

Начальная работа с отходами как сырьём для стройиндустрии требует проверки на токсичность и радиоактивность. Используемые материалы не должны выделять вредные вещества, содержание которых превышает предельно допустимые концентрации, а радиоактивность должна быть менее 370 БК/кг.

Предварительную оценку ВМР, используемых в производстве строительных материалов, можно определить при вычислении коэффициента основности силикатов (K<sub>осн</sub>).

$$K_{осн} = \frac{(CaO + 0.93MgO + 0.6R_2O) - (0.55Al_2O_3 + 0.35Fe_2O_3 + 0.7SO_3 + xB_nO_m)}{(0.93SiO_2 - yR_nO_m)}$$

В формуле K<sub>осн</sub> выражение в числителе (CaO+0,93MgO+0,6R<sub>2</sub>O) показывает общее (валовое) содержание (в %) «условной CaO». Чем ее больше,

тем активнее материал. Вычитаемое –  $(0,55Al_2O_3 + 0,35 Fe_2O_3 + 0,7SO_3)$  определяет количество (в %) CaO, связываемой соответствующими оксидами и не участвующей в образовании силикатов. При слишком большом содержании этих оксидов можно получить отрицательное значение. Это показывает недостаток щелочных компонентов, в частности извести (CaO). Знаменатель показывает, сколько CaO необходимо для образования моносилката кальция. Если  $K_{осн}=1$ , образуется CS, при  $K_{осн}=2$  образуется C2S, при  $K_{осн}=1,5$  следует ожидать образования и CS, и C2S. Количественное значение  $K_{осн}$  характеризует основность сырья.  $K_{осн}$  теоретически может изменяться от  $+\infty$  до  $-\infty$  [1, С.31].

По результатам расчетов горелая порода является кислой ( $K_{осн}= 0,09$ ), а известковая пыль ультраосновной ( $K_{осн}= 19,2$ ). Горелую породу можно использовать как наполнитель, предварительно проверив на способность к распадам (силикатному, известковому, железистому), учитывая, что горелая порода содержит  $SO_3 = 0,687\%$  и  $CaO = 7,37\%$ , можно сделать заключение, что порода стойка к распадам и ее эффективно применять как наполнитель.

Для получения цемента необходимы «кислый» и «ультраосновный» компоненты. Известковая пыль - это «ультраосновный», а горелая порода – «кислый». Соотношение их определяется по формуле [1, с. 32].

В результате расчета получено, что при колебании  $K_{осн}$  от 1,2 до 1,6 расход компонентов составляет: горелая порода в пределах 49,05 %...57,7 %; известковая пыль – 43,3 %...51,95 %.

Известно, что в состав цемента входит сульфатный активизатор, как правило, гипсовый камень [3].

Расход гипсового камня определяется по формуле:

$$\Gamma = \frac{0,478 \cdot \Sigma Al_2O_3}{a_{\Gamma}},$$

где  $a_{\Gamma}$  – содержание  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  в гипсовом камне, принято 80 %;  
 $\Sigma Al_2O_3$  – содержание в шихте общего  $Al_2O_3$ , %:

$$\Sigma Al_2O_3 = Al_2O_3^{1ком} \cdot \frac{b_1}{100} + Al_2O_3^{2ком} \cdot \frac{b_2}{100},$$

где  $b_1, b_2$  – процентное содержание  $Al_2O_3$  в первом и втором компонентах цементной шихты.

Количество гипса по расчетам находится в пределах  $\Gamma = 3,31 \dots 3,44\%$ , при пересчете на  $SO_3$  – это составит 1,6 %, что соответствует ГОСТ 10178-85.

Изучено два отхода как сырье для стройиндустрии. Установлено, что горелая порода может применяться как наполнитель и как компонент цементной шихты. Пыль газоочистки можно применять как щелочной активизатор для горелых пород.

Получен состав цемента: горелая порода в пределах 49,05 %...57,7 %; известковая пыль – 43,3 %...51,95%; содержание гипсового камня – 3,31 %...3,44 %.

Для получения кондиционного цемента шихта должна быть подвергнута тонкому измельчению более  $3000\text{см}^2/\text{г}$ . Изделия из данного сырья будут иметь малую прочность, так как отсутствует главный клинкерный материал алит ( $\text{C}_3\text{S}$ ). Для таких изделий необходима тепловлажностная обработка в пропарочных камерах или в автоклаве.

Предполагаемая марка цемента из данных вторичных минеральных ресурсов 200...250, предполагаемая максимальная марка бетона до 150.

#### Библиографический список

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография/ СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 244 с.
2. Вторичные минеральные ресурсы (ВМР) – сырьё для стройиндустрии. Методы исследования: метод. указ. / В.Ф. Панова, А.А. Карпачёва, С.А. Панов – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 43с.
3. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский. М.: Стройиздат, 1974. 328 с.

УДК 666.943(07)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ КАК ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ И КОМПОНЕНТОВ ЦЕМЕНТА

Семенова И.Е.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Панова В.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Исследован конвертерный шлак как заполнитель и компонент бесклинкерного цемента. Изучены свойства и состав конвертерного шлака, определен его химический состав. Подобран кислый компонент для получения смешанного вяжущего. Рассчитан состав двухкомпонентного цемента, состоящего из конвертерного шлака и золы-унос. Определен расход сульфатного активизатора – гипсового камня. Проведена проверка сырьевых материалов на стойкость к силикатному и железистому распадам.

Ключевые слова: конвертерный шлак, зола-унос, цемент, силикатный распад, железистый распад, коэффициент основности

Развитие отраслей: горнодобывающей, горноперерабатывающей, угледобычи, углепереработки, добычи и переработки железорудного сырья, металлургии и энергетики, приводит к увеличению объемов выхода промышленных отходов и расширению площадей, занимаемых отвалами, которые нарушают экологию, такие отходы могут быть использованы, как вторичные минеральные ресурсы (ВМР).

Цель работы: изучить свойства, состав, возможность применения кон-

вертерных шлаков как заполнителя и компонента бесклинкерного цемента. Химический состав, приведенный к 100 %, дан в таблице 1.

Таблица 1- Химический состав исследуемых ВМР

Наименование	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
1.Конвекторный шлак	18,05	2,006	52,15	2,62	20,06	5,01	0,1	-
2.Зола-унос	54,6	25,7	6,2	1,68	8,56	0,64	0,06	2,56

Для характеристики отходов применяется коэффициент основности  $K_{осн}$  [1, с.26], который определяют по формуле (1):

$$K_{осн} = \frac{[(CaO + 0,93 \cdot MgO + 0,6 \cdot R_2O) - (0,55 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3 + x \cdot B_n O_m)]}{(n \cdot 0,93 \cdot SiO_2 - y \cdot R_n O_m)}$$

Установлено, что конвертерный шлак с  $K_{осн}=3,608$  относится к ультраосновым, а зола-унос с  $K_{осн}=-0,147$  к ультракислым.  $K_{осн}$  позволяет оценить направление применения отхода [1, с.30], например, из этих сырьевых материалов можно получить цемент. ВМР могут стать компонентами при получении цемента. Для определения состава цемента и количества компонентов решается уравнение:

$$1 = \frac{[(CaO + 0,93 \cdot MgO + 0,6 \cdot R_2O) - (n \cdot 0,93 \cdot SiO_2 + 0,55 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3)] \cdot x}{(n \cdot 0,93 \cdot SiO_2 + 0,55 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3) - (CaO + 0,93 \cdot MgO + 0,6 \cdot R_2O)}$$

где,  $n$  – значение  $K_{осн}$  для шихты. На практике принимают  $K_{осн} = 1,2 \dots 1,6$ ;

$x$  - количество массовых частей «основного» сырья с ( $K_{осн}>1$ ) на одну весовую часть «кислого» сырья с ( $K_{осн}<1$ ).

Результаты расчета показали, что при  $K_{осн} = 1,2$  соотношение компонентов цемента следующее: конвертерный шлак : зола-унос = 0,98 : 1, ориентировочно принято 1 : 1.

В состав цемента рекомендуется вводить сульфатный активизатор, как правило – это гипсовый камень [2, 3]. Расход гипсового камня зависит от содержания алюминатной составляющей ( $C_3A$  или  $Al_2O_3$ ) в шихте. Именно эти две составляющие при химическом взаимодействии приводят к образованию этtringита (гидросульфоалюмината кальция). Расход гипсового камня определяется по формуле:

$$Г = \frac{0,478 \cdot \Sigma Al_2O_3}{a_r},$$

где  $a_r$  – содержание  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  в гипсовом камне, принято 80 %;

$\Sigma Al_2O_3$  – содержание в шихте общего  $Al_2O_3$ , %:

$$\Sigma Al_2O_3 = Al_2O_3^{1комп} \cdot \frac{b_1}{100} + Al_2O_3^{2комп} \cdot \frac{b_2}{100},$$

где  $b_1, b_2$  – процентное содержание  $Al_2O_3$  в первом и втором компонентах цементной шихты.

В случае применения конвертерного шлака и золы-унос в соотношении 1:1, расход в цементе гипса  $\Gamma = 7,05\%$ . Необходимо проверить будет ли содержание добавки гипса ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) соответствовать нормативному содержанию  $SO_3$  в шихте (ГОСТ 10178-85). Содержание  $SO_3$  в цементе за счет добавки гипсового камня определяется по формуле:

$$SO_3^{\Gamma} = \frac{\Gamma}{2,15} \quad 2,15 = \frac{M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O}}{M_{SO_3}}.$$

По расчету содержание  $SO_3^{\Gamma} = 3,27$ .

Количество  $SO_3$  каждого компонента цемента зависит от процентного содержания его в шихте и определяется по формуле:

$$\Sigma SO_3 = SO_3^{1комп} + SO_3^{2комп} + SO_3^{\Gamma}.$$

Результат составил:  $\Sigma SO_3 = 3,35$ . Содержание  $\Sigma SO_3$  находится в соответствии с требованиями ГОСТ 10178-85, следовательно, корректировка расхода гипсового камня не требуется.

Для исследования конвертерного шлака как заполнителя или наполнителя необходимо проверить его на стойкость к распадам: силикатный и распад от сульфатов металлов.

Силикатный распад, происходит потому что находящийся в отходе минерал – двухкальциевый силикат из неустойчивой формы ( $\gamma 2CaO \cdot SiO_2$ ), переходит в устойчивую ( $\beta 2CaO \cdot SiO_2$ ) что сопровождается увеличением его объема на 10%. Возможность распада можно проверить, просчитав формулы:

$$SiO_2 \min = \frac{100 - \Sigma RO}{2,5}, \quad CaO \max = \frac{100 - \Sigma RO}{1,8}.$$

Отход считается распадающимся, если содержание фактических оксидов  $SiO_2$  меньше, а  $CaO$  больше, чем их количество, определенное расчетом. Получено  $SiO_{2\min} = 32,78\%$ ;  $CaO_{\max} = 26,58\%$ ;  $SiO_{\text{факт}} = 18,05\%$ ;  $CaO_{\text{факт}} = 52,15\%$ , следовательно, конвертерный шлак является распадающимся, то есть нестойк против силикатного распада, и не может быть применен как заполнитель.

Особенно нестойки к распаду сталеплавильные шлаки, т.к. они имеют повышенное содержание  $CaO$  ( $>40\%$ ), шлаки склонны к силикатному распаду. Влияние на это явление оказывает температура охлаждения расплава (рисунок 1).

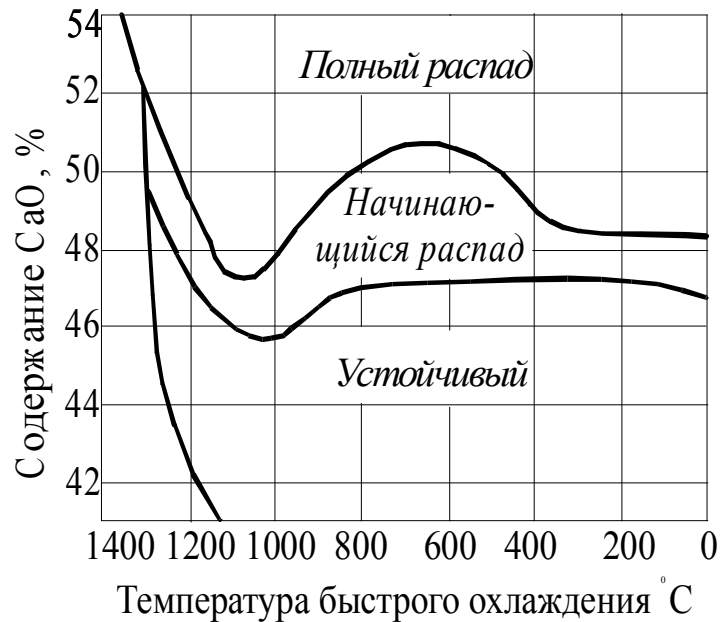


Рисунок 1 – Влияние температуры охлаждения расплава и содержания в нем СаО на структурно-объемную деформацию шлака

Установлено, что конвертерный шлак содержит СаО=52,15%, т.е.>40%, это подтверждает, что его нельзя применять как заполнитель в бетоны.

Распад вследствие наличия сульфидных соединений металлов (железистый распад) обусловлен содержанием в пробе сернистых соединений металла MeS объем которых, под действием воды протекает по реакции:  $FeS + H_2O = Fe(OH)_2 + H_2S$ . В результате этой реакции объем увеличивается на 35%, т.е. идет распад.

Итак, получен цемент на основе конвертерного шлака и золы-унос. Содержание компонентов 1:1. Расход гипсового камня составил 7,05%. Для применения такого бесклинкерного вяжущего необходим дисперсный помол его до  $S_{уд} > 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Бетонные изделия на этом цементе рекомендуется подвергать ТВО в автоклаве или пропарочных камерах. Предполагаемая активность цемента составляет 200...250 кг/см<sup>2</sup>.

#### Библиографический список

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография/ В.Ф. Панова – Новокузнецк, 2009. 244 с.
2. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия / А.В. Волженский М.: Стройиздат, 1974. 328 с.
3. Вторичные минеральные ресурсы (ВМР) - сырье для стройиндустрии. Методы исследования: метод. указ./ В.Ф. Панова, А.А. Карпачева, С.А. Панов - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014.- 43 с.



## ПРИМЕР РАСЧЕТА СКОРОСТИ ВНУТРЕННЕЙ РАВНОМЕРНОЙ КОРРОЗИИ ГОРОДСКИХ ТЕПЛОПРОВОДОВ, ПРОТЕКАЮЩЕЙ С КИСЛОРОДНОЙ ДЕПОЛЯРИЗАЦИЕЙ

**Ивакина А.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Чапаев Д.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, charaev-d@mail.ru*

Представлены результаты расчета скорости внутренней равномерной коррозии городских водяных теплосетей, когда коррозионным агентом является кислород. Показана зависимость этой величины от температуры и рН теплоносителя.

Ключевые слова: коррозия теплопроводов, скорость коррозии.

Важной задачей в теплоэнергетике является создание расчетной методики оценки интенсивности внутренней коррозии водяных тепловых сетей, учитывающей характеристики металла, водно-химический, гидродинамический и температурный режимы теплоносителя. Сложность решения задачи объясняется множеством параметров, влияющих на коррозионный процесс, большой зоной их неопределенности, связанной со значительной протяженностью систем транспорта тепла, флуктуацией концентрации химических реагентов коррозии, электрических токов, химического состава материала труб и т.д.

Предложена методика [1] расчета скорости внутренней равномерной коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей, изготовленных из углеродистой стали 20 (обычно используемой в отечественных системах теплоснабжения), протекающей с кислородной деполяризацией.

Скорость внутренней равномерной коррозии предлагается оценивать по формуле, мм/год

$$K = \frac{\beta q}{\rho_c} \cdot \frac{\theta C_{Fe}}{\frac{1}{k} + (1 - \chi) \left( \frac{h}{D} + \frac{1}{h_D} \right)}, \quad (1)$$

где  $\beta$  - коэффициент пересчета м/с в мм/год;  
 $q$  - коэффициент, зависящий от диаметра трубопровода  $d_b$ ;  
 $\theta$  - пористость плотного слоя магнетита, возникающего на внутренней поверхности стальной трубы, в долях;  
 $C_{Fe}$  - растворимость магнетита, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_c$  - плотность стали, кг/м<sup>3</sup>;  
 $k$  - скорость реакции коррозии на границе «металл-оксид», м/с;  
 $\chi$  - доля магнетита в продуктах коррозии (для нормируемой кон-

центрации кислорода в теплосети  $\chi = 0,5$ );

$h$  - толщина плотного слоя магнетита, м (принимается по результатам обследования конкретных участков теплосети, в среднем  $h = 1 \cdot 10^{-5}$  м);

$D$  - коэффициент диффузии ионов железа в порах слоя магнетита,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$h_D$  - коэффициент их массопереноса в ядро потока с границы «оксид-поток теплоносителя», м/с. Методика для определения входящих в формулу (1) величин представлена в [1].

По формуле (1) выполнен расчет скорости внутренней равномерной коррозии при различных температурах теплоносителя  $t$  и значений рН, имеющих место в практике эксплуатации теплосетей, при следующих исходных данных: наружный диаметр и толщина стенки трубы  $d_n = 325$  мм,  $s_{\text{исх}} = 8$  мм; расход теплоносителя  $G = 3,6 \cdot 10^5$  кг/ч, продолжительность эксплуатации в течение года 8400 часов,  $\chi = 0,5$ ,  $h = 1 \cdot 10^{-5}$  м, плотность стали  $\rho_c = 7800$  кг/м<sup>3</sup>. Расчетные зависимости  $K(t, \text{pH})$  представлены на рисунке 1.

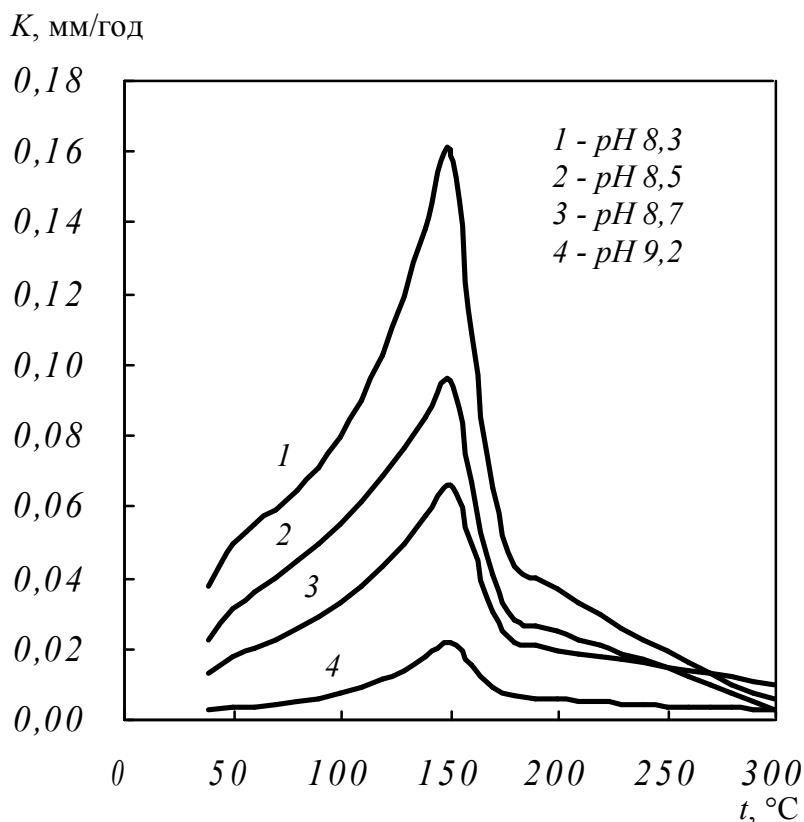


Рисунок 1 – Зависимость скорости внутренней равномерной коррозии  $K$  от температуры  $t$  и водородного показателя рН теплосетевой воды

Исследования показывают, что зависимость относительной скорости внутренней равномерной коррозии  $K/K_{\text{max}}$  (относительно максимальной  $K_{\text{max}}$  при  $150$  °C) от температуры  $t$  для диапазона температур  $40$ – $300$  °C при любых значениях рН от  $8,0$  до  $9,2$  в тепловых сетях можно записать с приемлемой для практических расчетов точностью следующей функцией:

$$\frac{K}{K_{\max}} = \begin{cases} 0,12 e^{0,014t}, & \text{при } 40^{\circ}\text{C} < t < 150^{\circ}\text{C} \\ 1 \cdot 10^{15} t^{-6,918}, & \text{при } 150^{\circ}\text{C} \leq t \leq 180^{\circ}\text{C} \\ 0,61 - 0,0018t, & \text{при } 180^{\circ}\text{C} < t < 300^{\circ}\text{C} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $t$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

Функция  $K/K_{\max}(t, \text{pH})$  представлена на рисунке 2 (сплошная линия). Точками показаны ряды значений  $K/K_{\max}$  при  $\text{pH} = 8,3; 8,5; 8,7; 9,2$ .

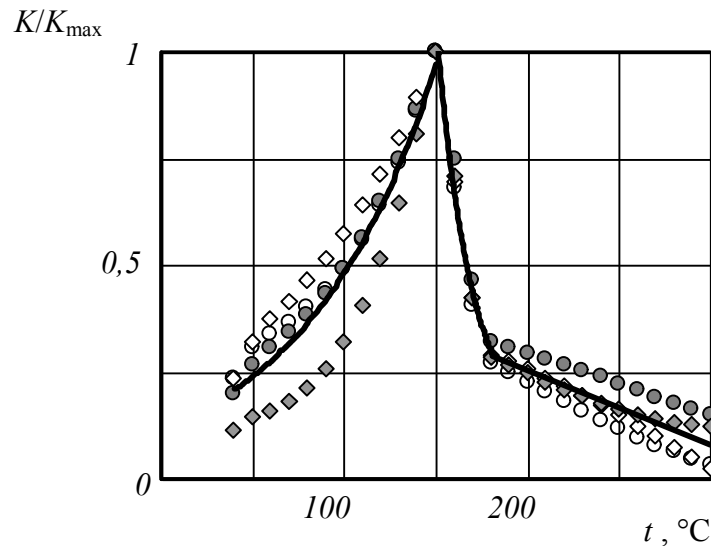


Рисунок 2 – Зависимость относительной скорости коррозии  $K/K_{\max}$  от температуры  $t$  для  $\text{pH} = 8,3 \div 9,2$

В диапазоне  $t = 40\text{--}150^{\circ}\text{C}$  наблюдается экспоненциальный характер зависимости  $K$  от  $t$ , что связано с повышением растворимости магнетита  $S_{Fe}$  в воде при увеличении  $t$ , а также экспоненциальным ростом (по формуле Аррениуса) входящей в формулу (1) скорости реакции коррозии  $k$ ;

При повышении  $t$  от  $150^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$  скорость коррозии  $K$  резко падает (степенная зависимость) вследствие смены знака температурного коэффициента растворимости  $S_{Fe}$  (связанной с перестройкой кристаллической структуры в слое гидрооксидов железа) и усиления диффузионного контроля;

При повышении  $t$  от  $180^{\circ}\text{C}$  до  $300^{\circ}\text{C}$  дальнейшее линейное снижение  $K$  связано с плавным уменьшением значений  $S_{Fe}$ . Процесс коррозии протекает с диффузионным контролем.

Таким образом, наибольшая скорость внутренней равномерной коррозии наблюдается при расчетных температурах в теплосети  $130^{\circ}\text{C}\text{--}150^{\circ}\text{C}$ . Следовательно, некоторое снижение расчетной температуры приведет к экспоненциальному снижению скорости равномерной коррозии в расчетных режимах работы теплопроводов (при переходе от  $150^{\circ}\text{C}$  до  $100^{\circ}\text{C}$  интенсивность внутренней равномерной коррозии падает в 2 раза). Кроме того, как показывают исследования [1], при повышении  $\text{pH}$  выше 9,4 скорость внутренней коррозии минимальна и не зависит от температуры.

## Библиографический список

1. Чапаев Д.Б. Расчет скорости внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей из углеродистых сталей / Д.Б.Чапаев, А.А. Оленников // Известия вузов. Черная металлургия.– 2012.– № 4 – С. 33 – 36.

УДК 622.6

### **СОВРЕМЕННЫЙ КОМФОРТНЫЙ МНОГОЭТАЖНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ**

**Алейникова Е.В.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Осипов Ю.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Предложен проект галерейного 16-этажного двух подъездного жилого дома с подземным паркингом и линией общественного транспорта. Разработаны архитектурно-планировочные решения жилого дома, планы 1-го, 2-го и типового этажей. Для удобства жителей на 2-ом этаже предусмотрена остановочная платформа для монорельсового трамвая. В цокольном этаже здания располагается парковка.

Ключевые слова: жилой дом, галерея, монорельс, безопасность

Жилище и человек, жилище для человека... Эта тема касается каждого. Она вечна и не утратит актуальности, пока живет человек, она - всегда нова, хотя корнями уходит в глубочайшую древность. Под влиянием новых социальных условий и материальных возможностей людей, под воздействием развития техники изменяются представления человека о своем жилище, его оценки с точки зрения комфортности, степени удовлетворенности тем или иным решением. Американский архитектор И.М.Пэй заметил: «Легко проектировать общественное здание, но очень трудно создать проект хорошего жилого дома» [1, С. 5-7].

Жилые здания являются основным структурным элементом застройки города. Их планировочные и функциональные связи создают вместе с транспортными магистралями и сетью уличных и пешеходных трасс планировочную структуру города [2, С. 15].

На кафедре архитектуры СибГИУ в рамках дипломного проектирования, разработан проект галерейного 16-этажного двух подъездного жилого дома с подземным паркингом и линией общественного транспорта (рисунок 1).

Галерейный жилой дом объединяет группу поэтажных квартир со входом с общей односторонней остекленной галереей на каждом этаже, взаимосвязанную с лестничной клеткой. Галерейная планировка обеспечивает оптимальные условия для инсоляции квартир и осуществления сквозного про-

ветривания. Закрытая галерея позволяет снизить уровень внешнего шума. В связи с недостаточной изоляцией квартир галерейные дома применяют для малых семей, предусматривая для них одно и двухкомнатные квартиры и лишь частично трех и четырехкомнатные [1, С.230-231].

На 1 и 2 этажах расположены помещения предприятия торговли и обслуживания, площадью от 121 м<sup>2</sup> до 333 м<sup>2</sup> (рисунки 2, 3). Для связи между этажами используются лестницы и лифты. Для людей с ограниченными возможностями входы оборудованы пандусами. Входы в общественную и жилую часть - отдельные. В жилую часть - с дворовой территории, в общественную - со стороны улицы.

Для жителей дома предусмотрена парковка в цокольном этаже, из расчета 1 машиноместо на 1 квартиру. Парковка с открытым хранением транспорта, для технического обслуживания автомобилей предусмотрены несколько закрытых боксов с эстакадами. Въезд/выезд с парковки осуществляется с двух сторон, движение по парковке круговое [3, С. 170]. Лестница и грузовой лифт жилой части соединяют парковку с домом.

На этаже 8 квартир. Квартиры одно- и двухкомнатные площадью от 40м<sup>2</sup> до 80м<sup>2</sup>. Типовые расположения квартир и планировка (рисунок 4). На 4, 8 и 12 этажах между двумя параллельно стоящими зданиями, предусмотрены озелененные переходы (рисунок 5). Эти переходы позволяют организовать связь между домами и одновременно локальные зоны отдыха.

На 2-ом этаже предусмотрена остановочная платформа для монорельсового трамвая. Для многих, монорельсовый транспорт - некий вид транспорта будущего, нарисованный карандашом фантаста: обтекаемые вагоны стремительно летят по эстакаде, поднятой над городом на невообразимой высоте. На самом деле монорельсовый транспорт - это разновидность традиционного метрополитена, но только надземного, поднятого над уровнем земли [4].

Это даёт преимущества перед другими видами транспорта:

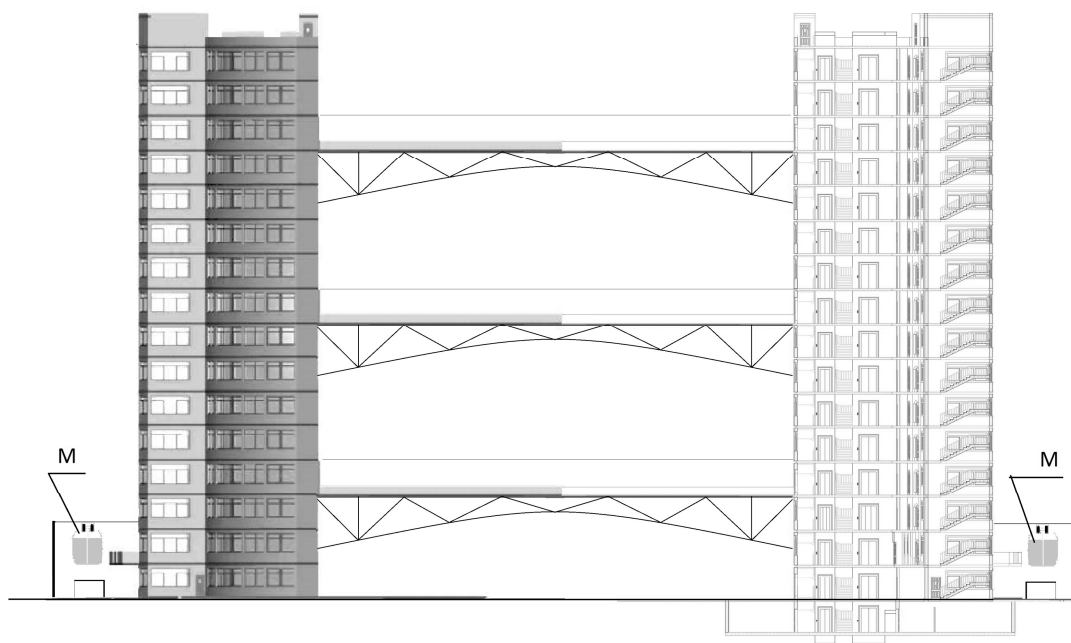
- не занимает место на перегруженных магистралях города;
- имеет малый шумовой фон;
- может преодолевать более крутые подъемы;
- скорость, развиваемая монорельсом, может значительно превышать скорость традиционного рельсового транспорта;
- вероятность столкновения с другими объектами дорожного движения ничтожно мала;
- обзорность шире по всем сторонам движения из-за поднятия транспортных линий на определенную высоту (По этой причине многие виды монорельсов рассматриваются как основной кандидат на обзорно-экскурсионный транспорт в парках развлечений и других рекреационных территориях);
- быстрота строительства и ввода в эксплуатацию по сравнению с подземным метрополитеном. Например, по технологии монорельса SIPEM уста-

новка трех опор в законченном виде предусматривается за 6 рабочих дней.

Монорельс позволит обеспечить потребность населения в перевозках и улучшить качество обслуживания.

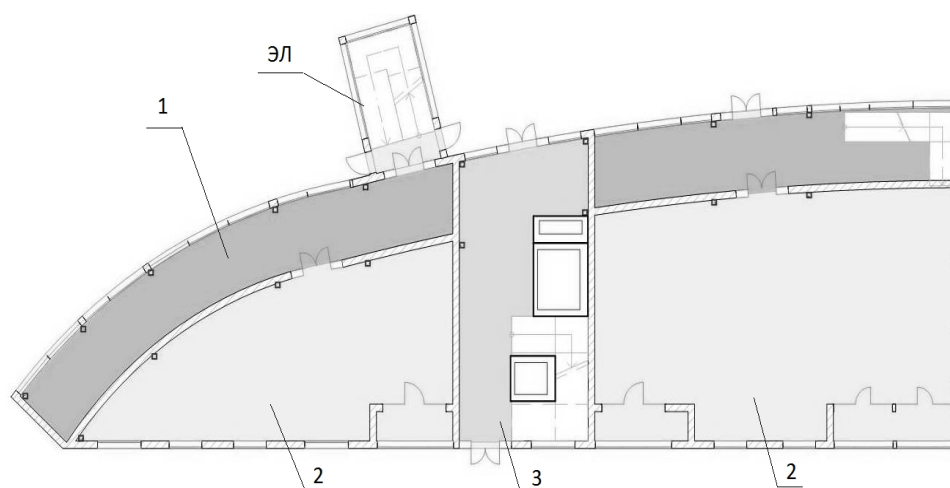
Сейсмостойкость жилого дома обеспечивается СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах».

Здание максимально приближено к современному уровню комфорта, экологии и безопасности.



М - монорельсовый трамвай

Рисунок 1 - Схема фасада и разреза



ЭЛ - эвакуационная лестница, 1 - галерея; 2 - помещения торговли и обслуживания; 3 - лестнично-лифтовой узел жилого дома; 4 - остановочная платформа

Рисунок 2 - Планировочная схема 1 этажа

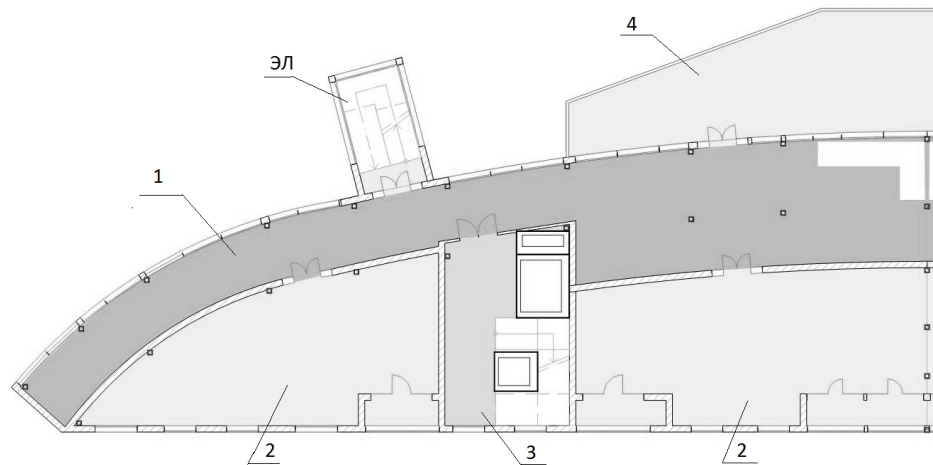
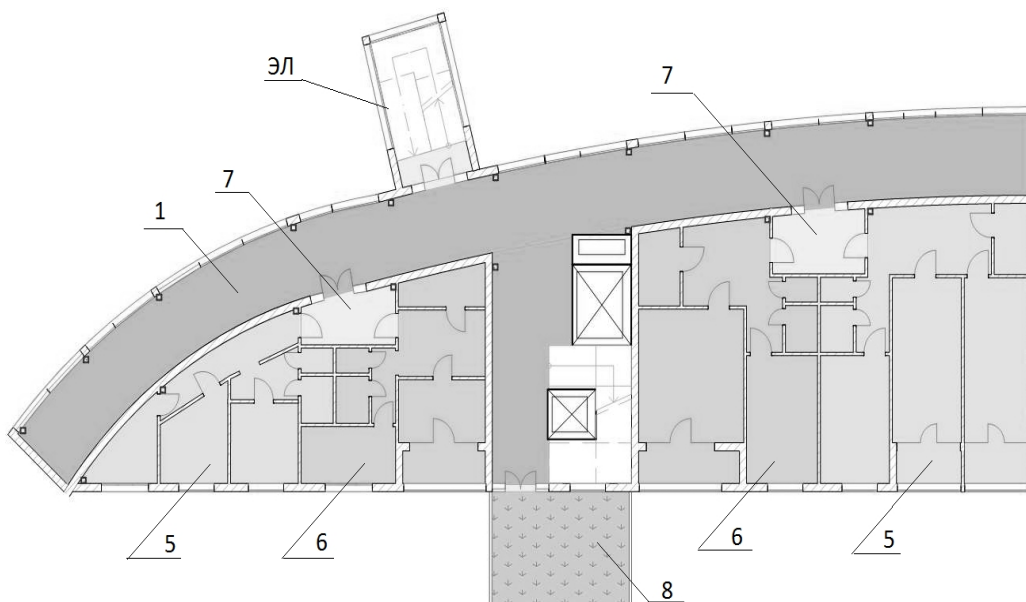


Рисунок 3 - Планировочная схема 2 этажа



ЭЛ - эвакуационная лестница; 1 - галерея; 5 - двухкомнатная квартира; 6 - однокомнатная квартира; 7 - тамбур на 2 квартиры; 8 - переход.

Рисунок 4 - Планировочная схема типового этажа

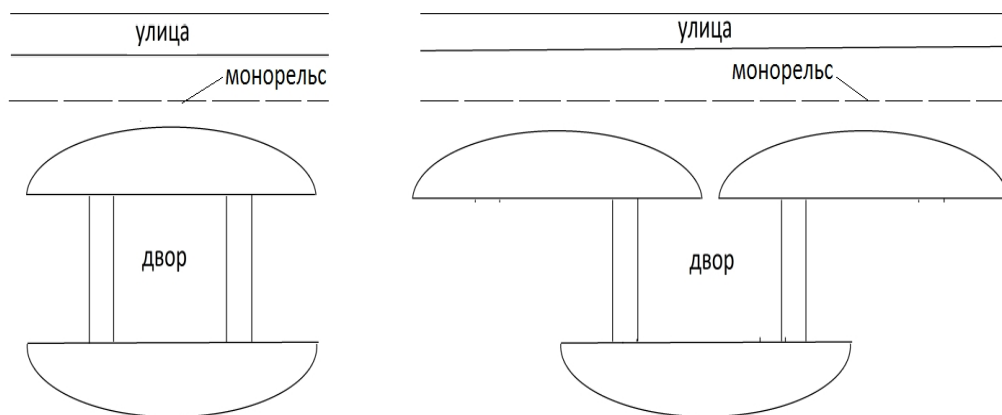


Рисунок 5 - Варианты расположения жилых зданий

## Библиографический список

1. Осипов Ю.К. Архитектурно-типологические основы проектирования жилых зданий: учебное пособие / Ю.К. Осипов Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2013. - 253 с.
2. Назаренко И.К. Проектирование ресурсосберегающего жилья в суровых природно-климатических и жестких антропогенных условиях: Пособие по проектированию/ И.К. Назаренко - Новокузнецк, Изд. центр СибГИУ, 2004.- 264с.
3. Лунц Л. Б., Городское зеленое строительство / Л.Б.Лунц М.: Стройиздат, 1974.- 275 с.
4. Пассажирские монорельсовые дороги / Под ред. А. П. Михеева - М.: Машиностроение, 1969.- 240 с.

УДК 711.454-163

### **РЕФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК ФАКТОР СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ В ИНДУСТРИАЛЬНОМ ГОРОДЕ**

**Синельникова Н.Ю.**

**Научный руководитель: к. арх.н., доцент Благиных Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Изложены некоторые особенности исторического становления и развития одного из градообразующих предприятий города Новокузнецка. Предложена возможность сохранения и нового эволюционного развития памятников промышленного зодчества на современном этапе.

Ключевые слова: строительство, металлургический комбинат, реновация, рефункционализация, промышленный туризм.

Промышленные территории занимают 50% от территории города Новокузнецка, расположенного в южной части Кемеровской области. Город является одним из крупнейших металлургических и угледобывающих центров страны. Новокузнецкий металлургический комбинат стал градообразующим предприятием. Комбинат создавался в период 1929-1936 гг. недалеко от исторического города Кузнецк.

Первая доменная печь является символом города, когда-то она была жизнью людей, возводивших завод – будущий гигант отечественной металлургии – на пустой территории. 1 мая 1930 года в праздничной обстановке был заложен фундамент доменной печи. Строительство было сложным, трудным, порой очень опасным, но люди горели желанием создать мощный



металлургический комбинат. «Монтаж доменных печей начинали, не имея самых необходимых механизмов. Сборку и клепку громадного кольца производили ручными молотками. Так и заклепали вручную обе первые домны с их восемью кауперами, а ведь на одном каупере нужно было сделать 1800 заклепок!» [1, С. 81] Это был героический труд. Большинство прибывших рабочих-металлистов никогда не видели доменных печей, тем более домен-гигантов. Все боролись за ударные темпы. Люди работали в суровых погодных условиях Сибири. Зимой было особенно сложно, но строительство не приостанавливали, и работа шла и днем и ночью.

В 1931 году параллельно началось строительство первых цехов. В течение этого года были частично введены в эксплуатацию литейный цех, группа металлообрабатывающих цехов, огнеупорный цех. Другая отличительная особенность Кузнецкстроя - одновременное развертывание строительных работ по всему фронту металлургического цикла. Первая кузнецкая домна была задута 1 апреля 1932 года. 3 апреля 1932 году был получен первый чугун. Вслед за первой печью через месяц пошла вторая. Обе печи на протяжении многих десятилетий формировали историческую панораму города, сейчас этот вид утерян (рисунок 1). В 1932 году комбинат вступил в строй. Он был построен за 1000 дней. Восемь лет проработал И.П. Бардин на посту технического директора Кузнецкого металлургического комбината (КМК). За это время было полностью закончено строительство комбината, и он стал передовым металлургическим предприятием страны.

Строительство комбината вызвало бурное строительство домов. «13 июля 1930 г. Было начато сооружение первых десяти кирпичных 32-квартирных домов, положивших начало социалистическому городу. Население на площадке Кузнецкстроя росло с невероятной быстротой. Если на 1 мая 1930 г. Оно составляло 14 тысяч человек, то к 1 октября насчитывалось уже 40 тысяч» [1, С. 131].

Большую роль металлургический комбинат играл во время Великой Отечественной войны. «Начавшаяся Великая Отечественная война заставила в кратчайший срок перестроить работу всей промышленности, и прежде всего черной металлургии, на обслуживание нужд фронта. Необходимо было немедленно изменить структуру производства, увеличить выплавку трудоемких высоколегированных сталей, наладить массовый выпуск броневых листов на неприспособленных для этой цели станах, снарядной и другой заготовки, идущей на изготовление вооружения и боеприпасов» [1, С. 247]. В это время директором комбината был Роман Васильевич Белан (Герой Социалистического Труда). «В броне танков, в орудиях и снарядах был кузнецкий металл, был вдохновенный труд гвардейцев тыла. Каждая третья тонна чугуна, каждая четвертая тонна стали и проката, полученные страной в суровом сорок втором, были произведены руками кузнецких металлургов!» [1, С. 251].



Рисунок 1 – Кузнецкий металлургический комбинат (КМК)

На сегодняшний день КМК увядает и не работает в полную силу, как это было раньше, но до сих пор он является нашей гордостью, частью истории города Новокузнецка. Поэтому реновация поможет не только сохранить историю и дать комбинату вторую жизнь, но и решить вопросы с экологией и с общей привлекательностью города. Реновация промышленных территорий является одной из наиболее актуальных задач развития Новокузнецка. Такие задачи стоят перед всеми промышленными городами области. Разгрузка территорий от малоэффективных, ресурсоемких и неэкологичных производств ощущается очень остро и поэтому должна рассматриваться в качестве одного из приоритетных направлений архитектурно-градостроительного развития города.

«Реновация - адаптация существующего объекта за счет изменения функционального назначения здания, сооружения, комплекса для дальнейшего использования» [2]. Существует три принципиально разных направления преобразования промышленных территорий с функциональной точки зрения:

- *сохранение промышленной функции:*

а) мемориальный путь - полная реставрация здания, сохранение его первоначального облика (актуально для памятников промышленной архитектуры);

б) совершенствование - внедрение новых технологий производства в существующий объем здания - реконструкция объекта.

- *частичная рефункционализация:*

а) реконструкция планировочной структуры, основным принципом которой является вычленение и сохранение наиболее устойчивых планировочных характеристик;

б) превращение объекта в музей;

в) включение новых объектов городского значения в историко-промышленные территории.

- *полная рефункционализация:*

а) рефункционализация существующих памятников индустриального наследия согласно критериям социально-культурной востребованности и актуальности (перепрофилирование промышленных объектов под жилые здания, административно-офисные центры, образовательные учреждения, культурно-развлекательные центры, гостиницы, предприятия торговли, спортивные сооружения);

б) экологическая реабилитация территории за счет рекультивации нарушенных территорий, создание новых зеленых массивов (парков, скверов, аллей);

в) полный снос промышленного объекта и использование территории в других целях.

Для металлургического комбината города Новокузнецка, являющегося памятником промышленного зодчества эпохи авангарда и первых пятилеток, наиболее полно подходит второй метод – частичной рефункционализации, что позволит сохранить историческую застройку и даст возможность создавать новые объекты. Это место может стать туристическим и будет приносить городу доход. Здесь появятся новые рабочие места, появится новое культурное, развлекательное пространство, которое одновременно будет представлять неразрывную преемственную связь времен и поколений нашего исторического индустриального города, который скоро отметит свой 400-летний юбилей.

На сегодняшний день все большие обороты набирает промышленный туризм. Промышленный туризм – это посещение, с целью исследования и получения новых эмоций, действующих или когда-то действующих промышленных предприятий. Основоположниками промышленного туризма принято считать американские компании. Впервые завод JackDaniel'sоткрыл двери своим посетителям в 1866 году. В России еще со времен СССР очень известными были экскурсионные туры на кондитерские фабрики Москвы. Но в настоящее время на такую экскурсию попасть довольно трудно, т.к. они проводятся редко, и посещение фабрик расписывается на несколько лет вперед.

Промышленный туризм может стать очень актуальным для города Новокузнецка. На сегодняшний день на территории предприятия находятся архитектурные памятники различного значения, здесь ещё осуществляется промышленная деятельность, положительным моментом является и то, что территория находится в центре города.

Для того чтобы на территории комбината проводить промышленный туризм в первую очередь нужно сохранить промышленную составляющую: оборудование, технологические линии, также персонал, для изготовления металлургической продукции. Ещё понадобятся инфраструктурные объекты: с качественными местами для проживания туристов, питания, досуга. Потребуются и значительные капитальные вложения в реконструкцию под туристический объект внутренней планировочной структуры предприятия.

Город Новокузнецк имеет возможность стать центром промышленного туризма, как Кузбасса, так и южной части Западной Сибири, у нас есть все

предпосылки для его развития.



Вид на площадь Побед с проспекта Курако 2014г.

Переосмысление территории, с точки зрения привнесения новой функции, приведет к притоку средств, инвесторов, арендаторов, что даст возможность воссоздания и поддержания металлургического комбината.

Библиографический список:

1. История Кузнецкого металлургического комбината имени В.И. Ленина/ под.ред. докт. техн. наук Б.И. Жеребина, - М.: «Металлургия», 1973.
2. Реновация промышленных объектов и территорий [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ik-architects.com/renovaciya-promyshlennykh-obektov-i-territorij/>.

УДК 624.012.45

## **ЛИНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ ПАЛЛЕТ НА ЗАВОДЕ ДСК**

**Шимлин А. К.**

**Научный руководитель: доцент Уточкина Л.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В настоящее время панельное строительство является одной из самых актуальных технологий. Для производства сборных конструкций применяется новая технологическая линия – линия циркуляции паллет. Производительность труда на этих линиях в 4 раза больше, чем на традиционных технологиях. Новое технологическое оборудование позволит выпускать железобетонные конструкции высочайшей заводской готовности.

Ключевые слова: панельное строительство, технологическая линия, паллета, железобетонные изделия

Панельное строительство наиболее широко применяется при возведении доступного жилья. Квартиры эконом-класса сегодня наиболее востребованы. У современных панельных домов есть несколько преимуществ, такие как быстрые темпы строительства, экономичность и высокое качество, так как железобетонные конструкции панельных домов, изготовленные в заводских условиях, при

организованном техническом контроле, отличаются более высоким качеством по сравнению с изделиями, произведенными непосредственно на стройплощадке.

Для обеспечения высокого качества панельных домов в производстве применяется паллетное производство, представляющее собой автоматизированную технологическую линию, на которой происходит формование и тепловая обработка изделий. Преимущество этой новой технологической линии, над традиционными технологиями заключаются в высокой степени автоматизации производства, улучшении качественных параметров продукции (поверхность и геометрия изделий) и гибкость в переоснастке при переходе на выпуск новой номенклатуры изделий, за счет применения магнитной бортооснастки.

Линия циркуляции паллет представляет собой замкнутый конвейер перемещения формирующих паллет по роликам к специализированным технологическим постам при помощи продольных и поперечных транспортёров в соответствии с заданной программой, что позволяют обрабатывать одну паллету, с минимальными трудозатратами. Все производственные процессы отображаются на экранах мониторов. Производительность труда на этих линиях в 4 раза больше, чем на существующем производстве.

Опалубочные паллеты характеризуются абсолютно ровными и гладкими рабочими поверхностями. Паллеты представляют собой рамную конструкцию из продольных и поперечных профилей с минимальными допусками на плоскостность. Торцовые профили регулируются по высоте, передвигаются, снимаются в зависимости от производимой продукции.

Паллеты используются для производства перекрытий, балок, стеновых панелей, а также других бетонных конструкций с напряженной арматурой.

Линия циркуляции паллет состоит из следующих технологических постов: центрирования, смазки и нанесения контура на паллету; установки опалубки; армирования; распределения; бетонирования; виброуплотнения; заглаживания; тепловой обработки; распалубки; кантования; чистки паллет вручную.

Пост центрирования, смазки и нанесения контура на паллету – является первым постом в технологической цепочке паллетного производства, на котором при помощи специального «плоттера» управляемого программой, на поверхность паллет наносится смазка и напыляется контур установки опалубки. После этого паллеты при помощи поперечно-передвижной установки и фрикционного привода выставляются в два параллельных ряда для дальнейших технологических операций, и перемещаются на пост установки опалубки, где при помощи специального крана на паллетах устанавливается опалубка в соответствии с нанесенным контуром. Подача щитов опалубки к посту осуществляется со склада опалубки при помощи ленточного транспортера с шириной ленты 700 мм. Паллеты с выставленной опалубкой подаются на пост армирования. На посту предусмотрены два механических консольно-поворотных крана грузоподъемностью 3,2 т. Краны выполняют операции по перемещению арматурных изделий со склада арматуры, расположенного в непосредственной близости от поста армирования. Подготовленные паллеты

поступают на пост бетонирования, где в них осуществляется укладка бетона. С помощью адресной подачи бетон равномерно дозируется. При этом бетонораздатчик перемещается перпендикулярно направлению движения паллеты. Для контроля процесса бетонирования на одной стороне бетонораздатчика предусматривается пульт управления с постоянным рабочим местом оператора. После бетонирования паллеты перемещаются на пост виброуплотнения и пост заглаживания. Далее, паллеты со свежесформованными элементами направляются в камеры тепловой обработки для твердения. Обслуживание и подача паллет осуществляются автоматически. Для оптимального использования производственных площадей паллеты укладываются в стеллажах друг над другом (2 ряда по 14 паллет в штабеле). При помощи подъемно-передаточной установки паллеты в нужное время подаются на стеллажи или вывозятся из них. Для ускорения процесса твердения отформованных изделий в камере тепловой обработки применяется система циркуляции горячего воздуха температурой  $50^{\circ}\text{C}$  в течение 16 часов. Контролирование системы осуществляется при помощи температурного датчика расположенного в камере и термостата, который сравнивает фактическую температуру с заданной и обеспечивает автоматическое регулирование подачи нагретого воздуха в камеру. Затем готовые изделия поступают на пост, где происходит распалубка и чистка, после которой паллеты перемещаются на пост кантования, а опалубка – при помощи ленточного транспортера на склад опалубки. На посту кантования происходит опрокидывание формовочных паллет и вертикальный съем распалубленных железобетонных изделий. Пустая паллета поперечно-передвижной установкой перемещается на пост чистки, а готовые железобетонные изделия мостовым краном перемещаются на дозревание. По истечению двух суток при помощи мостового крана грузоподъемностью 16т. готовые изделия укладываются на вывозную тележку, которая транспортирует их на склад готовой продукции.

План цеха производства изделий домостроения для строительства многоэтажных крупнопанельных жилых домов по серии 97с по паллетной технологии показан на рисунке 1.

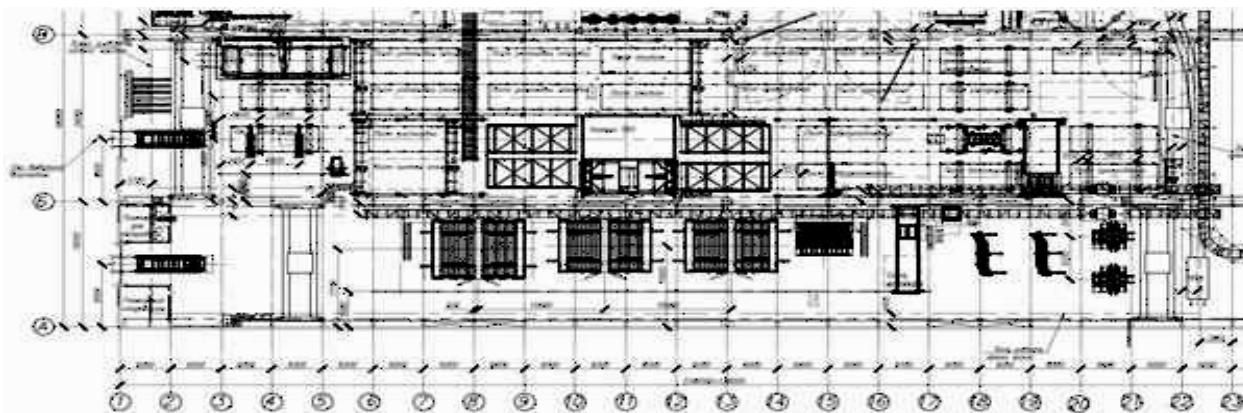


Рисунок 1 – План цеха

Новое технологическое оборудование позволяет производить любые изделия, различных серий и размеров для строительства многоэтажных домов эконом-класса высокого качества, разнообразной планировки и с использованием энергосберегающих технологий.

УДК 691.87

## **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСИЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Немцев И.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Чертоляс Н.Ф.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

Рассмотрены варианты технических решений по усилению железобетонных конструкций. Приведены достоинства и недостатки разных способов усиления. Проведена оценка экономической эффективности усиления строительных конструкций композитными материалами на примере моста в п. Тащицево, Саратовской области.

Ключевые слова: эксплуатация, железобетонные конструкции, усиление, внешнее армирование, полимерцементный состав, адгезия

Период эксплуатации зданий связан с необходимостью проведения периодических ремонтов конструкций вследствие ошибок проектирования, воздействия непроектных нагрузок и аварий, влияния агрессивных сред, из-за изменения конструктивных схем в результате перепланирования помещений, а так же старения материалов.

Для железобетонных конструкций разработано множество технических решений по их усилению: наращивание сечений, изменение расчетной схемы конструкций с целью перераспределения нагрузок, устройство обойм и пр. Опубликовано множество рекомендаций, конструктивных решений и методик проектирования ремонта и усиления строительных элементов. Опыт показывает, что ремонтные работы, выполняемые традиционными методами, не всегда эффективны и обычно трудоемки.

Кроме того, ремонтные работы в условиях эксплуатируемого здания требуют остановки его эксплуатации на значительные сроки. В последнее время стали доступны современные технологии ремонта и усиления конструкций, с использованием зарубежных материалов. В первую очередь, это полимерцементные составы с высокой адгезией к «старому» бетону, мигрирующие ингибиторы коррозии арматуры, композитные материалы для усиления на основе углеродных или стеклянных волокон.

Метод усиления железобетонных конструкций путем внешнего арми-

рования композиционными материалами холодного отверждения позволяет значительно (в некоторых случаях – кратно) повысить их несущую способность, трещиностойкость и жесткость. Суть метода заключается в повышении (или восстановлении) прочности конструкции путем наклейки на ее поверхность полос высокопрочных материалов с помощью специального адгезива, как правило, на эпоксидной основе [3, С. 134-136].

Оценку экономической эффективности усиления строительных конструкций композитными материалами произведем на примере обследования моста в п. Татищево, Саратовская области.

Общие сведения о состоянии моста по результатам обследования от июня 2007года:

- Габариты моста: длина–15,65м, ширина - 8,29м;
- Год постройки - 1950;
- Статическая система: балочная, разрезная;
- Тип несущей конструкции: ребристые балки с диафрагмами;
- Ограничение временной нагрузки до 20 т из-за повреждений конструкций моста.

По результатам обследования моста были принято решение об усилении продольных балок путем наклейки в растянутой зоне, в зоне опирания и в центре углеродных лент УОЛ-300 – эпоксидным двухкомпонентным компаундом [2].

Принципиальные схемы усиления приведены на рисунках 1÷4.

Технико-экономическое обоснование эффективности усиления строите  
льн

ще 1.

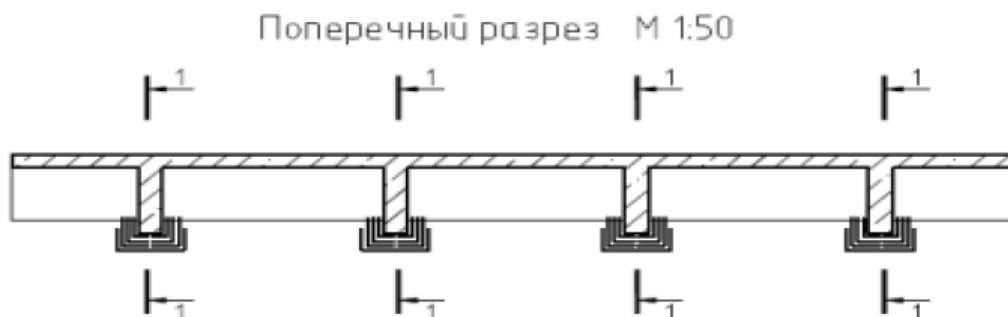


Рисунок 1 - Поперечный разрез

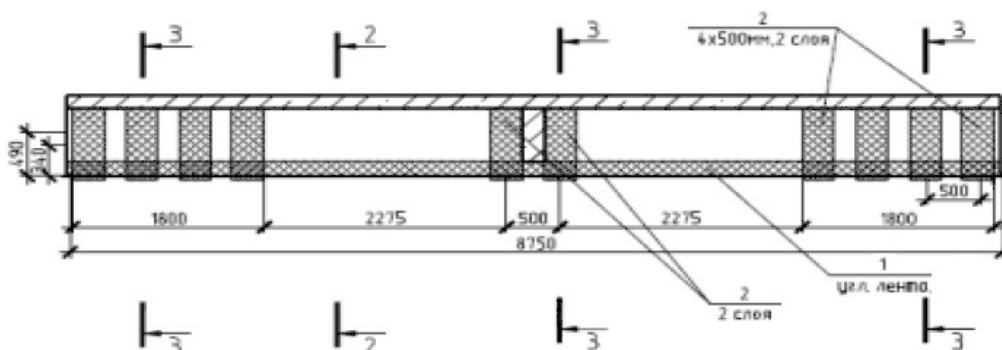


Рисунок 2 - Разрез 1-1



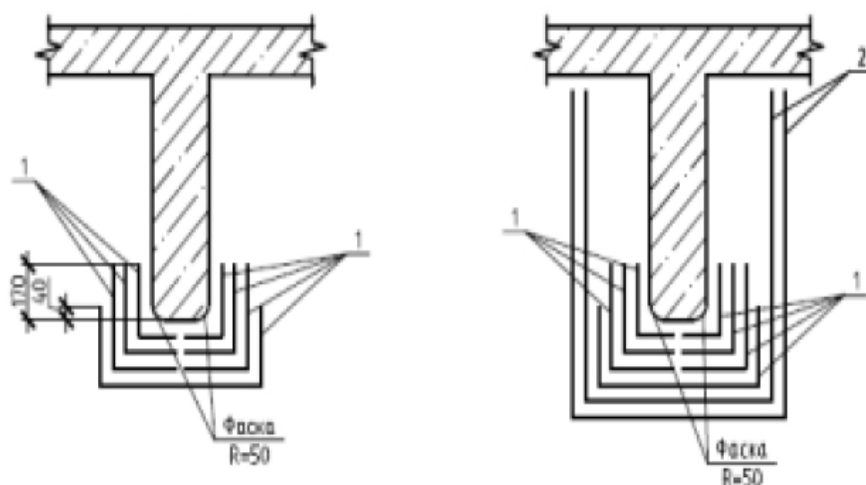


Рисунок 3 - Разрез 2-2. Разрез 3-3

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели

Статьи расходов	Сумма, руб.
Усиление композиционными материалами:	
проектирование	100 000,00
материалы	417 756,00
проведение работ	238 455,00
Итого:	756 211,00
Усиление металлическими шпренгелями:	
проектирование	100 000,00
материалы	649 823,00
проведение работ	649 231,00
Итого:	1 399 054,00

В данном примере было сэкономлено 642 283,00 руб. Что составляет 45,9 % от стоимости усиления моста металлическими конструкциями.

Выше приведены фактические данные по сокращению материальных затрат на усиление конструкций композиционными материалами с мероприятиями по ремонту повреждённых зон без учёта значительного сокращения сроков выполнения работ и сокращения затрат на строительномонтажное оборудование [1, С.12].

Следует отметить, что благодаря высоким физико-механическим характеристикам внешнего армирования усиливающие элементы практически не увеличивают вес конструкций (обычно толщина усиливающих элементов не превышает 2-3 мм), а строительномонтажные работы не сопряжены с большими трудозатратами и сроками выполнения работ.

#### Библиографический список

1. Чернявский, В. Л. Экономическая эффективность применения технологии внешнего армирования композиционными материалами для усиления строительных конструкций / А. И. Сердюк // Точка опоры.- 2013.– №1.- С. 12.

2. Материалы с сайта Холдинговой компании «КОМПОЗИТ» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.hccomposite.com/upload/files/stroyka%20technika/SVA%20v%20stroitelstve.pdf>.

3. Чернявский, В. Л. Усиление железобетонных и кирпичных конструкций композитными материалами / П. П. Осьмак // Реконструкция жилья.– 2009.- №11.- С. 134-142.

УДК 666.973.6:691.327.33

## **ЭФФЕКТИВНЫЕ ПЕНОГАЗОБЕТОННЫЕ БЛОКИ**

**Виноградова А.С., Горячев И.Е.**

**Научные руководители: к.т.н., профессор Панова В.Ф.,**

**к.т.н., доцент Камбалина И.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Разработан способ получения нового вида ячеистого бетона с пеногазовой поризацией. Используются местные сырьевые материалы, в том числе техногенные продукты: портландцемент, зола-унос, пено- и газообразователи. Рассчитан расход сырьевых материалов для ячеистого бетона марки Д450. Проведена оценка себестоимости получения 1 м<sup>3</sup> изделий

Ключевые слова: пеногазобетон, блоки, поризация, литевая технология.

В настоящее время наблюдаются высокие объемы строительства жилья, в связи с этим необходимы эффективные строительные материалы. Одно из передовых мест занимают штучные строительные материала такие, как блоки, кирпичи, панели, которые пригодны для строительства жилья. К таким материалам можно отнести пеногазобетонные блоки. Возведение внутренних перегородок, строительство и монтаж наружных стен, с использованием такого материала, несут в себе ряд преимуществ: такие дома поддерживают оптимальный тепловой режим в любое время года; обладает достойной прочностью, имеет необходимую устойчивость и способность противостоять значительным нагрузкам. Пеногазобетон относится к классу воздухонаполненных материалов: в нем большую часть объема занимает воздух. Это обеспечивает теплоизолирующие и амортизационные функции.

Цель работы: разработать эффективный способ получения пеногазобетонных блоков.

Предлагается изготавливать блоки размерами: высота – 188 мм, толщина – 250мм, длина – 588 мм, тип П.

В качестве сырьевых материалов выбраны: вяжущее - ПЦ 400Д20 (таблица 1), наполнитель – зола-унос (таблица 2), пенообразователь белковый, газообразователь – алюминиевая паста. Расход сырьевых материалов на 1 м<sup>3</sup> ячеистого бетона марки Д450 представлен в таблице 3.

Таблица 1 – Минералогический и вещественный состав цемента

Минеральный состав, %				Вид добавки	Количество добавки, %
C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF		
64,10	11,80	7,63	12,39	граншлак	19,8

Таблица 2 - Свойства золы-унос ТЭЦ ОАО «НЗСМК»

Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопотребность, %
2300..2400	713...723	2300	41,4

Таблица 3 – Расход сырьевых материалов

Наименование	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг
Портландцемент	227,3
Зола-унос	227,25
Водный раствор пенообразователя	25,3
Газообразователь	0,301
Вода	250

Поризация формовочной массы при получении изделий ячеистой структуры может осуществляться следующими способами: химическим, механическим, механохимическим, физическим.

*Химический способ* поризации заключается в организации процесса газовыделения в формовочной массе за счет химического взаимодействия исходных компонентов.

*Механический способ* поризации включает в себя процесс автономного приготовления кремнеземвяжущей растворной смеси и технической пены с их последующим совместным перемешиванием.

*Механохимический способ* можно отнести к разряду новых, при котором формовочная смесь на первом этапе поризуется за счет введения в ее структуру пены, а затем в поризованной массе создаются более крупные ячеистые поры за счет газообразователей или другими методами, обеспечивающими получение ячеистой пористости.

*Физический способ* основан на принципе разрежения в системе раствор-газ, за счет чего мелкие газовые пузырьки объединяются в более крупные, расширяются и поризуют (вспучивают) смесь.

Предложен комплексный способ получения изделий путем пеногазовой поризации, в котором задействован положительный эффект всех перечисленных выше способов, при этом сократить расход порообразователей. Вместо традиционного молотого песка, предложено использовать золу-унос как активного дисперсного минерального наполнителя.

При пеногазовой поризации получают устойчивую пену и большее ко-

личество пор, из-за повышения кратности пены, изделия имеют среднюю плотность  $400 \dots 450 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент теплопроводности  $0,35 \dots 0,4 \text{ Вт/м}\cdot\text{С}$ .

При использовании традиционного сырья (песок +цемент) для получения газобетона, средняя плотность его около  $500 \text{ кг/м}^3$  требуется значительный расход газообразователей (более  $550 \text{ г/м}^3$ ).

Технология изготовления изделий принята литьевая с последующей резкой. Себестоимость изделия составляет 4500 руб. за  $1 \text{ м}^3$ , что значительно ниже стоимости изделий из кварцевого молотого песка и применение только пенной или только газовой поризации. Технологическая схема производства представлена на рисунке 1.

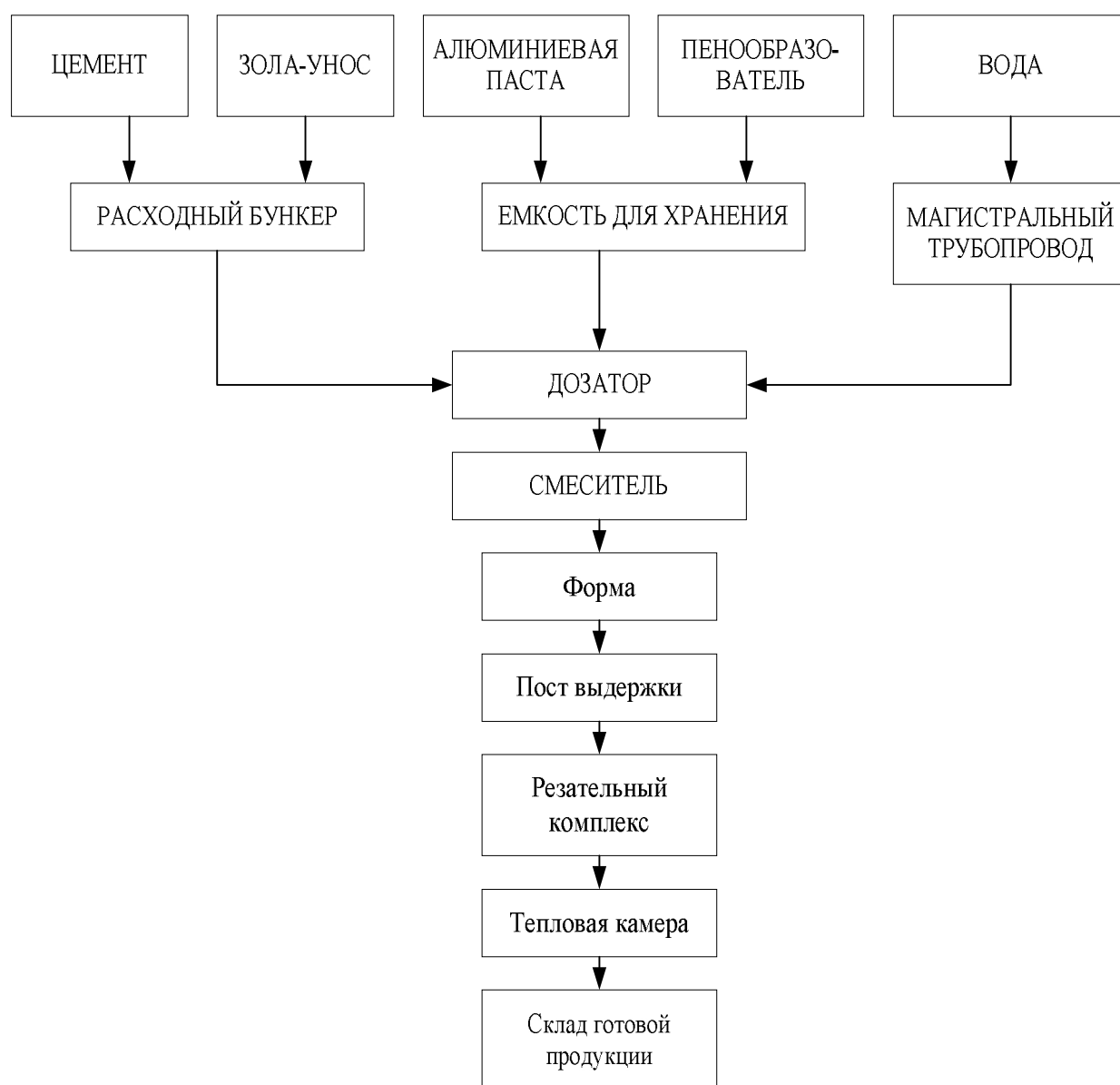


Рисунок 1- Технологическая схема производства пеногазобетонных блоков

Для технологического согласования процессов газовыделения и пенообразования определялась оптимальная температура воды затворения. Уста-

новлено, что оптимальной является температура воды затворения в интервале 21...25 °С. При повышении или снижении температуры у пеногазобетонных образцов наблюдается повышение величины средней плотности. Это объясняется тем, что при более низкой температуре воды процесс газообразования происходит значительно медленнее, в результате чего нарастание вязкопластичных свойств смеси происходит раньше, чем заканчивается газообразование. При более высокой температуре по отношению к оптимальной, наоборот, вспучивание смеси, и образование горбушки происходит более интенсивно, вспучивание смеси начинается через 40...50 с, но при этом происходит разрушение технической пены.

Итак, при использовании пеногазопоризации получили изделия повышенных теплоизоляционных свойств и по стоимости на 30% ниже, чем классические способы производства, например применение только пено- или только газо- поризацию.

УДК 666.7:[658.567.1:622.7]

## **ТЕРМОАКТИВАЦИЯ ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ**

**Столяров С.Ю.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Панова В.Ф.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Отходы углеобогащения являются сырьем для производства строительной керамики. Снижает качество сырья и понижает физико-механические свойства готовых изделий остаточный углерод, содержание которого колеблется от 3 до 7 %. Рассмотрен способ удаления остаточного углерода в отходах углеобогащения путем термообработки при температурах 500-900 °С. Оптимальной является температура термоактивации 600 °С, после которой получены так называемые горелые породы.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, термоактивация, углерод, керамический кирпич, горелые породы

Ежегодное количество отходов после обогащения угля составляет более 10 млн. т в год. Отходы углеобогащения (ОУО) как правило, содержат некоторое количество глинистого компонента, которого чем больше, тем выше качество сырья для получения керамического материала (таблица 1). Результаты показывают, что содержание глинистых в ОУО может достигать до 29%, что больше чем в природных суглинках (15 %). Установлено, что отходы мало закарбонизированы (СаО 0,45...2,9 %), что снижает возможность возникновения «дутиков» в готовых изделиях.

Таблица 1 – Гранулометрический и химический состав отходов углеобогащения Кузбасса

Углеотходы ЦОФ	Содержание фракции, %							
	Набухающих <0,005 мм		Песчаных 1...0,05 мм			Пылеватых 0,05...0,005 мм		
«Кузнецкая»	24,97		70			5,03		
ОАО «ЗСМК»	7,93		48			44,07		
«Абашевская»	29		49			22		
Содержание, в % на сухое вещество								
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O
«Кузнецкая»	52,53	2,88	1,52	15,73	3,06	0,61	-	2,12
«Абашевская»	67,05	0,95	0,52	22,23	4,63		0,42	3,65
ОАО «ЗСМК»	58,85	2,1	1,01	19,84	13,88		0,23	3,42

Обогащение угля осуществляется двумя методами: флотации и отсадочных машин. Флотационные отходы представляют собой дисперсную фракцию с влажностью до 45%. Для этих отходов характерно наличие остаточного угля, и для их применения необходима сушка и дополнительное обогащение.

На отсадочных машинах происходит расслоение массы твердых частиц (от 0,5 до 50 мм) под воздействием восходящего и нисходящего потоков. Расслоение обычно производится в прямоугольном открытом ящике с перфорированным днищем, через которое пульсация потока воды передается обогащаемому материалу, в данном случае – смеси угля и породы. Отсадка представляет собой непрерывный процесс, состоящий из трех стадий: загрузка угля, расслоение угля и породы, при котором последняя оседает на решето машины, третья стадия – образование порога и разгрузка породы, скапливающейся на решете. Выход «пустых» пород из отсадочных машин составляет около 70 % от общего количества.

Установлено, что в «пустых» породах возможно наличие остаточного углерода, который в повышенных количествах (более 6...7 %) снижает качество сырья, т.е. понижает прочность и долговечность керамических изделий из него. В ходе исследования оказалось, что наименьшее содержание углерода (С до 6,5%, ППП около 14 %) приходится на фракцию более 25 мм, то есть именно ее эффективно использовать как сырье для производства керамических изделий. Но что же делать с отходами других фракций?

Были проведены исследования по удалению углистых путем термообработки породы (таблица 2). Установлено, что при температуре 900°C, фракции размером более 13 мм имеют остаточного углерода около 11%, что велико для керамического сырья. После запрессовки (по технологии полусухого прессования) и обжига изделий углерод не успевает выгорать и преобразуется в коксовый остаток, что снижает качество камня. Термообработке при температуре 500...600°C подверглась порода, измельченная от 0,6 до 5

мм. Результат показал, что этой температуры достаточно для снижения содержания углерода до 0,88...3,34 % (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание углерода в термоактивированной породе

Порода	Фракция, мм	Температура термообработки, Т°С	ППП, %	Углерод, %
Без обжига	Более 13	900	19,66	11,4
Обожженная	5	500	8,32	3,34
Обожженная	5	600	5,92	1,86
Обожженная	менее 0,6	500	4,55	0,88

Итак, для получения качественного керамического сырья более рационально использовать отходы углеобогащения, полученные методом отсадочных машин, флотоотходы требуют обезвоживания.

Рационально в качестве сырья применять крупные куски породы (более 25 мм), содержащие минимум примесей углистых частиц. Породы фракций менее 25 мм необходимо подвергать термической обработке при температуре до 600 °С, при этом количество углерода снижается до 3 % – этого количества углерода хватает как дополнительного энергетического ресурса при обжиге и получении качественных строительных изделий. Практика показала, что остаточного углерода в керамическом сырье может быть до 6 %, то есть сырье из ОУО требует предварительной термоактивации. Как полиминеральное сырье с примесью глины «пустые» породы проходят активацию при температуре до 600 °С. Известно, что глинистое сырье термоактивируется при температуре 800 °С.

По нашему мнению на ЦОФ должен быть участок по разделению и обогащению «пустых пород. Последние необходимо подвергать термообработке при температуре до 600 °С. Для этого можно использовать следующее технологическое оборудование: печи барабанные, шахтные, агломерационные решетки. После термоактивации будут получены так называемые «горелые породы», которые найдут применение как легкий наполнитель, как компонент безклинкерного вяжущего, из которых можно получать керамические безобжиговые строительные изделия.

Итак, образующаяся тепловая энергия при термоактивации ОУО может быть использована по назначению, например, для сушки сырья, подогрева воды для хозяйственных нужд.

Породы после обогащения на 100 % могут быть использованы для производства строительных материалов и изделий. Таким образом, будет получена безотходная технология обогащения угля.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Десятова А.С., Некрасова Л.В.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Панова В.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Изучены техногенные продукты в виде золы и золошлаковой смеси Беловской ГРЭС на возможность получения из них заполнителя и цемента. Исследованы физические свойства, определена радиоактивность и токсичность сырьевых материалов. Подобран второй компонент к смешанному вяжущему. Рассчитано количество гипса. Выполнены расчеты на стойкость к силикатному и железистому распадам.

Ключевые слова: техногенный продукт, зола-унос, золошлаковая смесь, смешанное вяжущее, активизатор, силикатный распад

Природная сырьевая база для производства строительных материалов истощается, однако в связи с промышленным производством образуется большое количество техногенных продуктов, которые могут использоваться как сырьевые материалы, вторичные минеральные ресурсы (ВМР).

Цель работы: изучить техногенные продукты в виде золы и золошлаковой смеси, на возможность получения из них заполнителя и цемента. В работе изучены ВМР в виде золы-унос (ЗУ) и золошлаковой смеси (ЗШС) Беловской ГРЭС (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав компонентов

Наименование	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	R <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
Известь	88,76	-	1,025	-	-	9,62	-	-	-	-	0,595
Золошлаковая смесь	3,91	27,38	55,99	6,64	0,58	1,62	1,73	0,49	0,74	-	0,92
Зола-унос	4,81	21,81	61,65	5,39	-	1,88	4,46	-	-	-	-

Зола – унос образуется методом сухого отбора из электрофильтров; свойства золы-унос:  $S_{уд} = 1248 \text{ см}^2/\text{г}$ , насыпная плотность  $422 \text{ кг}/\text{м}^3$  и истинная плотность  $710 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Золошлаковая смесь из отвала представлена в виде песка с модулем крупности 3,2, насыпной плотностью  $692 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Данные отходы относят к группе ультраокислых.  $K_{осн}^{ЗШС} = - 0,24$ ;  $K_{осн}^{ЗУ} = - 0,07$ . Коэффициент основности  $K_{осн}$  рассчитывается по формуле:

$$K_{осн} = \frac{[(CaO + 0,93 \cdot MgO + 0,6 \cdot R_2O) - (0,55 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3 + x \cdot B_n O_m)]}{(n \cdot 0,93 \cdot SiO_2 - y \cdot R_n O_m)}$$



По  $K_{\text{осн}}$  возможно определить направление применения отхода в промышленности строительных материалов [1, С. 30]. По предварительным данным золошлаковую смесь и золу-унос можно применять как заполнитель и наполнитель, а также как «кислый» компонент искусственного цемента.

Для применения отходов в стройиндустрии необходим их поэтапный анализ. По рекомендации [1] на первом этапе, необходимо проверить ВМР на экологичность, то есть содержание вредных веществ, таких как оксид углерода CO, ртуть, свинец и другие, количество которых не должно превышать ПДК. Далее анализируется их радиоактивность, которая не должна превышать 1350Б к/кг. Радиоактивными элементами являются:  $\text{Ra}^{226}$  (радий),  $\text{Th}^{232}$  (торий),  $\text{K}^{40}$  (калий).

ВМР могут стать компонентами при получении цемента. Для определения состава цемента и количества компонентов решается уравнение:

$$1 = \frac{[(CaO + 0,93 \cdot MgO + 0,6 \cdot R_2O) - (n \cdot 0,93 \cdot SiO_2 + 0,55 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3)] \cdot x}{(n \cdot 0,93 \cdot SiO_2 + 0,55 \cdot Al_2O_3 + 0,35 \cdot Fe_2O_3 + 0,7 \cdot SO_3) - (CaO + 0,93 \cdot MgO + 0,6 \cdot R_2O)},$$

где  $n$  – заданное для шихты значение  $K_{\text{осн}}$ , на практике 1,2...1,6;

$x$  – количество массовых частей «основного» сырья с ( $K_{\text{осн}} > 1$ ) на одну весовую часть «кислого» сырья с ( $K_{\text{осн}} < 1$ ).

В качестве «кислого» компонента принята золошлаковая смесь и зола-унос, а в качестве щелочного активизатора использована известь (таблица 1). Результаты расчета состава цемента при принятом коэффициенте  $K_{\text{осн}} = 1,5$  показали, что получено соотношение компонентов: извести : золы-унос = 1:1 или 50% : 50%.

В состав цемента рекомендуется вводить сульфатный активизатор, как правило – это гипсовый камень [3]. Расход гипсового камня зависит от содержания алюминатной составляющей в шихте. Именно эти две составляющие при химическом взаимодействии приводят к образованию этtringита (гидросульфоалюмината кальция). Расход гипсового камня определяется по формуле 1:

$$Г = \frac{0,478 \cdot \Sigma Al_2O_3}{a_{\Gamma}}, \quad (1)$$

где  $a_{\Gamma}$  – содержание  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в гипсовом камне, %;

$\Sigma Al_2O_3$  – содержание в шихте общего  $Al_2O_3$ , %:

$$\Sigma Al_2O_3 = Al_2O_3^{1\text{комп}} \cdot \frac{b_1}{100} + Al_2O_3^{2\text{комп}} \cdot \frac{b_2}{100},$$

где  $b_1, b_2$  – процентное содержание  $Al_2O_3$  в первом и втором компонентах цементной шихты.

В первом компоненте (известь)  $Al_2O_3$  отсутствует, а во втором (зола-унос) содержание  $Al_2O_3$  составляет 21,81%, следовательно,  $\Sigma Al_2O_3 = 10,91\%$ . Содержание  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в гипсовом камне принято 70%, следовательно,

примесей 30%. Расход гипса составил  $\Gamma = 7,44\%$ .

Необходимо проверить будет ли содержание добавки гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) соответствовать нормативному содержанию  $\text{SO}_3$  в шихте (ГОСТ 10178-85) Содержание  $\text{SO}_3$  в цементе за счет добавки гипсового камня определяется по формуле (2):

$$SO_3^{\Gamma} = \frac{\Gamma}{2,15} \quad 2,15 = \frac{M\text{CaSO}_4 \cdot 2H_2O}{M\text{SO}_3} \quad (2)$$

По расчету содержание  $\text{SO}_3^{\Gamma} = 3,38$ .

Количество  $\text{SO}_3$  каждого компонента цемента зависит от процентного содержания его в шихте и определяется по формуле (3):

$$\sum \text{SO}_3 = \text{SO}_3^{1\text{комп}} + \text{SO}_3^{2\text{комп}} + \text{SO}_3^{\Gamma} \quad (3)$$

Результат составил:  $\sum \text{SO}_3 = 3,68$ . Содержание  $\sum \text{SO}_3$  находится в соответствии с ГОСТ, следовательно, корректировка расхода гипсового камня не требуется.

Для исследования золошлаковой смеси как заполнителя или наполнителя, необходимо проверить их на стойкость к распадам: силикатный распад и распад от сульфатов металлов.

Силикатный распад, происходит потому что находящийся в отходе минерал - двухкальциевый силикат из неустойчивой формы ( $\gamma 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), переходит в устойчивую ( $\beta 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) что сопровождается увеличением его объема на 10%. Возможность распада можно проверить, просчитав формулы 4 и 5:

$$SiO_2 \text{ min} = \frac{100 - \Sigma RO}{2,5}, \quad (4)$$

$$CaO_{\text{max}} = \frac{100 - \Sigma RO}{1,8} \quad (5)$$

Отход считается распадающимся, если содержание фактических оксидов  $\text{SiO}_2$  меньше, а  $\text{CaO}$  больше, чем их количество, определенное расчетом. Получено  $\text{SiO}_{2\text{min}} = 23,96 \%$ ;  $\text{CaO}_{\text{max}} = 33,3 \%$ ;  $\text{SiO}_{\text{факт}} = 55,99 \%$ ;  $\text{CaO}_{\text{факт}} = 3,91 \%$ , следовательно ЗШС является не распадающейся, то есть стойка против силикатного распада.

Распад вследствие наличия сульфидных соединений металлов (железистый распад) – содержание в пробе сернистых соединений металла  $\text{MeS}$ . Под действием воды идет реакция:  $\text{FeS} + \text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{S}$ . В результате этой реакции объем увеличивается на 35 %. В состав ЗШС отсутствует  $\text{FeS}$ , т.е. железистый распад не наблюдается.

Итак, исследованы зольные отходы Беловской ГРЭС. Они относятся к кислым породам и могут быть применены как заполнитель и наполнитель. Расчеты на распад подтверждают это. На основе этих отходов, получен цемент, путем их щелочной активизации (известь) и сульфатной (гипс). Содержание компонентов следующие (известь: ЗШС = 1:1). Расход гипсового

камня составил 4,6 %. Для применения такого безklinkерного вяжущего необходимо дисперсный помол его до  $S_{уд} > 300 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Бетонные изделия на этом цементе рекомендуется подвергать ТВО в автоклаве или пропарочных камерах. Предполагаемая активность цемента составляет  $200 \dots 250 \text{ кг}/\text{см}^2$ .

#### Библиографический список

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография / В.Ф. Панова – Новокузнецк, 2009.- 289 с.
2. Вторичные минеральные ресурсы (ВМР) - сырье для стройиндустрии. Методы исследования: метод. указ./ В.Ф. Панова, А.А. Карпачева, С.А. Панов – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014.- 43 с.
3. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. / А.В. Волженский - М.: Стройиздат, 1974.- 328 с.

УДК 666.965.2:691.316

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРАСЯЩИХ ПИГМЕНТОВ НА ПРОЧНОСТЬ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА

**Саранчуков А. Г., Алексеева М.П.**

**Научный руководитель: к.т.н., профессор Панова В.Ф.,  
к.т.н., доцент Карпачева А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрен один из разновидностей стеновых материалов – силикатный кирпич. Приведены требования к лицевым изделиям. Исследовано влияние различных пигментов на прочность силикатных изделий. Установлено оптимальное количество пигмента, не приводящее к снижению основных физико-механических показателей.

Ключевые слова: силикатный кирпич, автоклавирование, пигмент, прочность.

В современном строительстве большую роль играет внешний вид и декоративные свойства материала. Силикатный кирпич – искусственный камневидный материал, получаемый путем прессования увлажненной смеси кварцевого песка и извести с последующим запариванием в автоклаве. После автоклавирования кирпич приобретает серый невзрачный цвет. Постройки из такого серого кирпича смотрятся серо и уныло. Если конечно фасад не подвергается дальнейшему покрытию. Но штукатурка быстро осыпается, а вентилируемые фасады выходят из строя. Поэтому необходимо придание декоративных свойств самому стеновому материалу, то есть силикатному кирпичу, который так же должен обладать более точными размерами, более высокими прочностью, плотностью и морозостойкостью, чем рядовой.

Высокими декоративными качествами отличается цветной лицевой силикатный кирпич. Требования, предъявляемые к лицевому полнотелому силикатному кирпичу, регламентированы ГОСТ 379-95. Марка такого кирпича должна быть не ниже 125, а морозостойкость не менее 25 циклов. Пористость лицевого кирпича должна быть низкой, во избежание заполнения пор пылью.

Для объемного окрашивания кирпича применяют красящие пигменты, которые вводятся в готовую силикатную массу перед стадией формования, таким образом, мы получаем кирпич цветной как снаружи, так и внутри. В качестве пигментов могут быть использованы: оксид железа, цемянка, котельный шлак, охра, окись хрома, пиритные огарки.

Установлено, что пигменты влияют на прочность изделия, поэтому при их применении требуется оптимальная дозировка. Данные исследователей по этому вопросу не совпадают. Г.С. Палагин, применявший в качестве красителей мумию, охру, железный сурик, цемянку и топочный шлак, получил наименьшую прочность кирпича при окрашивании цемянкой, а наибольшую – при введении шлака. По данным М. А. Матвеева, использовавшего журавскую охру, смесь охры с суриком и окись хрома, все эти пигменты увеличивали прочность кирпича. В то же время П. С. Новиков нашёл, что и охра и сажа значительно снижают прочность окрашенных образцов. А. В. Хохлачёв при окрашивании силикатного кирпича пиритными огарками и бокситами установил, что они не влияют на его прочность.

А. В. Скородумов указывает, что 3 % охры не окрашивает кирпич, а при большем её содержании он неморозостоек.

Проведёнными Э. А. Никитиной исследованиями установлено, что более сильно сказывается добавка пигментов на прочности образцов, изготовленных из одного лишь вяжущего, без немолотого песка. Это происходит вследствие большого относительного содержания пигментов в формуемой смеси, достигающего до 40 %. Прочность образцов из вяжущего значительно снижается уже при содержании 15 % охристых отходов руды. Те же отходы в обожжённом до красного цвета состоянии меньше влияют на прочность образцов. Добавка тонкомолотых пиритных огарков почти не оказывает влияния, а окись хрома несколько повышает прочность образцов из вяжущего. Прочность же силикатного кирпича, изготовленного из 16-17% вяжущего и 80-84 % немолотого песка с добавкой 1,5-10 % этих же пигментов, очень мало меняется.

Г. И. Книгина и Л. С. Факторович также пришли к выводу, что введение в силикатную смесь малоактивных пигментов мало влияет на прочность кирпича. Примерно такие же результаты получили Л. И. Хлопов и И. Ю. Бушмина на образцах из одного известково-кварцевого вяжущего с добавкой 2 % разных пигментов.

Было исследовано влияние на прочность прессованных образцов, изготовленных из силикатной смеси оптимального зернового состава, различного количества красящих материалов, таких как уголь и шлак от его сжига-

ния, цемянка, вскрышной суглинок, охра и другие. Из рисунка 1 видно, что часть пигментов повышает прочность окрашенных образцов по сравнению с контрольными, а другие её снижают. Однако практически заметное влияние на прочность кирпича оказывается лишь при введении в шихту более 2-3 % пигментов.

Окрашивание силикатного кирпича растворами органических красителей мало влияет на его прочность, так как толщина образующейся цветной плёнки лака незначительна. По этой причине мало меняется прочность кирпича, поверхность одной или двух граней которого пропитана растворами солей металлов.

Цветной силикатный кирпич играет одновременно роль несущего и облицовочного материала стен зданий, не увеличивая их толщины и не требуя дополнительных работ на укладку облицовки. Но объёмное окрашивание с помощью пигментов может повлиять на прочность и морозостойкость изделия, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Поэтому при расчёте состава кирпича, выборе цвета и выборе пигмента необходимо учитывать данное влияние, и строго соблюдать оптимальную дозировку.

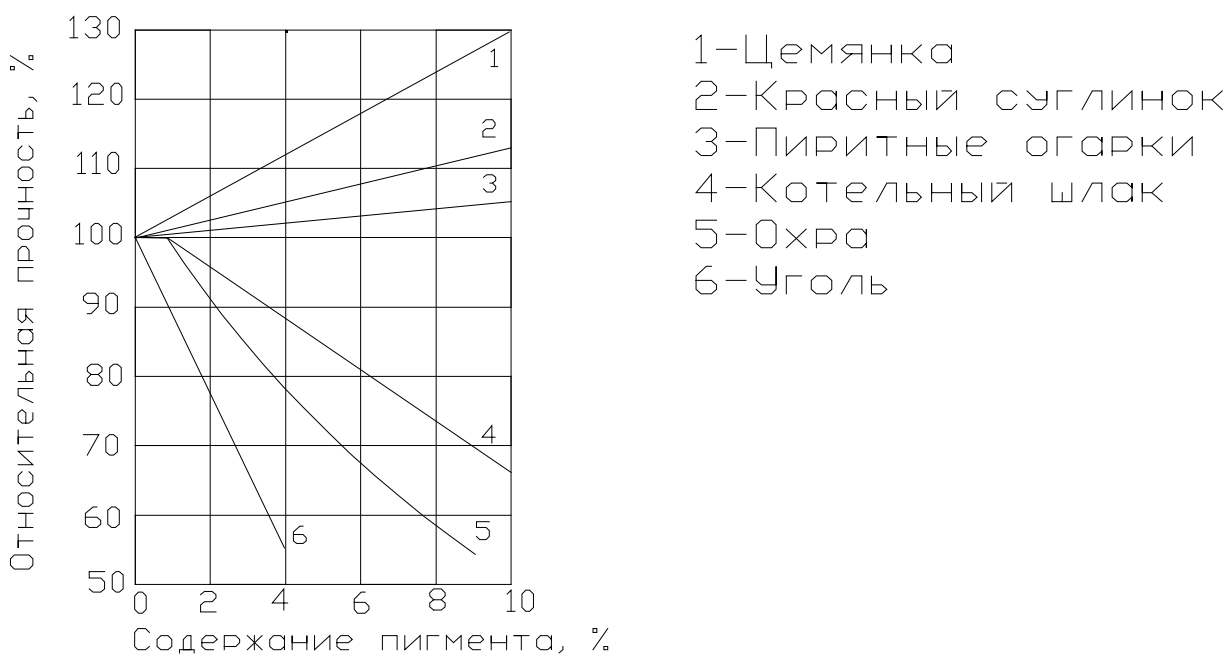


Рисунок 1- Влияние отходов промышленности на прочность силикатных прессованных образцов

Исходя из влияния на прочность готового продукта, будет целесообразно, в качестве красящих пигментов применить цемянку, красный суглинок и пиритные огарки. Количество их в размере 10 % не будет отрицательно влиять на прочность, наоборот, увеличит её от 5 до 30 %; по цвету получаются разные оттенки красного.

**ОБСЛЕДОВАНИЕ, УСИЛЕНИЕ И ЗАМЕНА  
ПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГАЛЕРЕИ ПОДАЧИ УГЛЯ  
НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ  
БЕЗ ПРЕКРАЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА**

**Алешин Н.Д.**

**Научные руководители: Колесников А.В.,**

**к.т.н. Алешин Д.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, cage666@yandex.ru*

В работе произведено обследование несущих конструкций галереи подачи угля, выполнен анализ результатов обследования, на основании которого разработан комплекс мероприятий по усилению и замене пролетных конструкций без прекращения производственного процесса. Результаты работы внедрены в производство.

Ключевые слова: обследование технического состояния конструкций. Разрушения элементов решетки ферм. Коррозия элементов конструкций. Замена конструкций без прекращения производственного процесса. Временная опорная система.

При обследовании технического состояния несущих и ограждающих конструкций галереи подачи угля на обогатительной фабрике в г. Новокузнецке были обнаружены следующие повреждения [2, 3]:

- ферм пролетного строения: вырезы в элементах решетки;
- опор: локальные прогибы элементов ветвей и решетки;
- связей по верхним и нижним поясам ферм: локальные прогибы, вырезы в отдельных элементах;
- плит перекрытия: разрушение защитного слоя бетона, полное разрушение отдельных плит. Поверх разрушенных плит уложен стальной настил.

В двух пролетах обнаружены разрушения отдельных элементов решетки ферм.

По всей длине галереи наблюдалась коррозия отдельных элементов в районе нижних узлов ферм.

Повреждений, являющихся следствием силовых воздействий, возникающих при пространственной работе галереи, обнаружено не было.

Были обнаружены следующие неблагоприятные факторы, оказывающие негативное влияние на работу конструкций:

- уменьшение фактического сечения стальных элементов по причине коррозии;
- увеличение нагрузки за счет просыпи;
- неудачное проектное решение перекрытия, из-за чего в районе нижних узлов возникает концентрация влажности, а наличие угольной пыли создает сла-

боагрессивную среду, что негативно влияет на стальные элементы конструкций.

Произведен расчет существующих пролетных конструкций галереи с учетом фактического состояния подверженных коррозии элементов. Расчет существующих ферм на основное и особое сочетание нагрузок выполнен в программном комплексе SCAD. При расчете конструкций галереи определено, что несущей способности отдельных элементов галереи недостаточно для восприятия действующих и прогнозируемых нагрузок.

На основании результатов обследования и расчета сделаны следующие выводы о состоянии основных групп несущих конструкций.

Техническое состояние ферм по осям 10<sup>1</sup>-9 и 4-3 оценивается, как *неработоспособное*, остальных ферм - как *ограниченно работоспособное*.

Техническое состояние связей и балок по верхним и нижним поясам ферм, стенового ограждения, плит покрытия оценивается как *работоспособное*, плит перекрытия - как *ограниченно работоспособное*.

На основании анализа результатов обследования и расчета принято решение о замене несущих и ограждающих конструкций в двух пролетах и усилении узлов ферм в остальных пролетах.

Кроме этого, для дальнейшей безопасной эксплуатации галереи необходимо устранить дефекты плит, обнаруженные в ходе обследования.

На восстанавливаемых участках галереи кроме замены стальных ферм, предусмотрена замена балок и связей; замена сборных железобетонных плит перекрытия и покрытия на более современное конструктивное решение – монолитное перекрытие и покрытие с использованием профлиста в качестве несъемной опалубки; замена стенового ограждения из волнистых асбестоцементных листов на ограждение из сэндвич-панелей; антикоррозионная защита несущих металлоконструкций [4].

Расчет пролетных конструкций заменяемых участков галереи на основное и особое сочетание нагрузок выполнен в ПК SCAD. Произведен подбор сечений балок покрытия и перекрытия по двум предельным состояниям и выполнена проверка сечений элементов ферм по несущей способности. Балки выполняются из широкополочных двутавров, элементы поясов и решетки - из спаренных уголков, опорные стойки ферм - из двойных двутавров.

Разработаны узлы соединения стержней ферм, монтажные стыки отправочных элементов и узлы опирания ферм на опоры и балок на фермы. Узлы соединения элементов решетки с поясами и монтажные стыки выполнены на фасонках угловыми швами. Узлы опирания ферм на опоры выполнены на болтах через центрирующие прокладки. Крепление балок к поясам ферм принято на болтах с последующей сваркой.

Для замены несущих и ограждающих конструкций в двух пролетах без прекращения производственного процесса разработана схема временной опорной системы. На период разработки проекта усиления и замены конструкций и выполнения подготовительных работ под фермы с разрушениями элементов решетки подведены временные дополнительные опоры. Это вре-

менная мера для предотвращения аварийной ситуации. Конструкция стойки телескопическая, из двух труб разного диаметра.

До начала демонтажа конструкций рекомендуется усилить существующие опоры на заменяемых участках галереи, демонтировать временную дополнительную опору и смонтировать временную опорную систему. В эту систему входят временные пространственные и плоские опоры, дополнительные балки и связи. Большинство работ по демонтажу и монтажу конструкций производятся без прекращения транспортировки угля.

В результате проведенных работ объект сдан в эксплуатацию и работает по настоящее время.

#### Библиографический список:

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Свод правил по проектированию и строительству / Госстрой России. – Москва, 2004 г.

2. Алешин Н.Д., Никотин А.А., Алешин Д.Н. Особенности эксплуатации и обследования конструкций галереи ЦОФ «Кузнецкая». – Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сборник статей XII Международной научно-технической конференции.- Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012.- 92 с. – С.8-10.

3. Алешин Н.Д., Никотин А.А., Алешин Д.Н. Обследование конструкций галереи ЦОФ «Кузнецкая». – Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк, СибГИУ, 2012. – Вып.16. – Ч.III. Технические науки.- 202 с. – С.102-104.

4. Алешин Н.Д., Колесников А.В., Алешин Д.Н. Обследование и восстановление консольной части галереи подачи угля с учетом требований безопасной эксплуатации. – Окружающая природная среда и экологическое образование и воспитание: сборник статей XIV Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014.- 64 с. - С.3-5.

УДК 725.85

## **СПОРТИВНЫЙ КОМПЛЕКС В НОВОИЛЬИНСКОМ РАЙОНЕ Г. НОВОКУЗНЕЦКА**

**Литовченко Т.А.**

**Научный руководитель: доцент Музыченко Л.Н.,**

**Буцук И.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, litovchenkotatka@rambler.ru*

Здание спортивного комплекса расположено в Новоильинском районе г. Новокузнецка на улице Звездова. Каркас здания – металлический. Габаритные размеры здания в плане 42х60 м. Основными несущими элементами



каркаса являются металлическая ферма из гнутосварных профилей пролетом 24 м и колонна сплошного сечения из прокатного двутавра. Расчет поперечной рамы произведен в программном комплексе LIRA 9.6. Конструктивные решения приняты на основании расчета.

Ключевые слова: Спортивный комплекс. Металлические конструкции. Стропильная ферма. Колонна. Сваи. Ростверк.

Сегодня спорт – это неотъемлемая часть нашей жизни. Как спортивные мероприятия мирового и государственного масштаба, так и соревнования и тренинги, в которых мы с Вами можем принять непосредственное участие, приобретают с каждым днем все большую популярность. Именно поэтому массовое строительство спортивных сооружений на сегодняшний день является одной из наиболее значимых сфер деятельности различных строительных организаций.

Однако потребность в строительстве спортивных сооружений все еще довольно высока. Они должны представлять собой довольно сложный объект, где наряду с привычными и прочными строительными материалами должны использоваться сложные инженерные системы. Также не стоит забывать и о такой составляющей строительства, как стоимость проекта. И естественно, что чем она ниже, тем это лучше.

Для строительства был выбран Новоильинский район не случайно. На сегодняшний день в этом районе очень мало спортивных сооружений для отдыха и занятия спортом, проведения своего досуга с пользой для тела и здоровья.

На участке отведенном под строительство, расположена стоянка личного автотранспорта, дом охраны и хранения уборочного инвентаря, и непосредственно здание универсального спортивного комплекса.

Вокруг здания проходит дорога, обеспечивающая свободный доступ пожарным машинам.

В соответствии с функциональным процессом запроектировано двухэтажное здание, состоящее из трех блоков.

Первый блок включает в себя следующие помещения:

-первый этаж: гардероб верхней одежды, медицинский пункт, кабинет директора, кабинет бухгалтера с кассой;

-второй этаж: два тренажерных зала с раздевальнями (мужскими и женскими) и душевыми.

Блок двухэтажный размеры блока 24x12м.

Второй блок включает в себя спортивный зал, раздевальные, душевые, инвентарную, комнату персонала.

Блок одноэтажный с высотой низа несущих конструкций 8,0 м., размеры блока 42x24 м.

Третий блок двухэтажный и включает в себя следующие помещения:

-первый этаж: раздевальные (мужские и женские), душевые, буфет с раздаточной, вспомогательные помещения.

-второй этаж: бассейн на четыре дорожки длиной 25м, зона подготовительных занятий смежная с бассейном, обходная дорожка вокруг бассейна, тренерская, инвентарная, трибуна для зрителей.

Высота перекрытия первого этажа составляет 3м.

В расчетно-конструктивном разделе выполнен расчет рамы, образованной фермой из гнutosварных профилей и колонной из прокатного двутавра. Расчет производился в программе LIRA 9.6,

Основным несущим элементом каркаса является ферма пролетом 24 метра и колонны сплошного сечения. Ферма с параллельными поясами выполнена из стали С245, состоит из двух отпpавочных элементов по 12м. Сечения поясов и решетки принимается из гнutosварных профилей по ГОСТ 30245-94. Тип решетки – треугольная.

Конструктивная схема здания – рамная. Пространственная жесткость и устойчивость каркаса здания обеспечивается совместной работой рам, системой вертикальных и горизонтальных связей. Вертикальные связи, обеспечивающие общую устойчивость, устанавливаются в центре блока и в крайних пролетах. Для обеспечения жесткости и устойчивости ригеля рамы используется система горизонтальных связей по верхнему поясу и система вертикальных связей, предотвращающая закручивание элементов ригеля.

В покрытии по прогонам укладываются листы профилированного настила и крепятся к ним самонарезающимися болтами. Стальной профилированный лист НС75-750-0,8 по ГОСТ 24045-86. Затем на него укладываются следующие слои:

-один слой изопласта;

-утеплитель - минераловатные плиты ППЖ-200,  $V=200\text{кг/м}^3$  - 200мм по ГОСТ 22950-95;

-стяжка из цементно-песчаного раствора марки 50 – 50 мм;

-два слоя изопласта.

Толщина утеплителя принята на основе теплотехнического расчета.

Фундамент в данном здании свайный. Подошва фундамента располагается на отметке - 2,700 м. Устанавливается на бетонной подготовке толщиной 100 мм. В качестве основания для свай стоек – принят слой галечника аллювиального (отложения р. Аба).

Сваи железобетонные забивные сечением 300х300 мм. Размеры ростверка в плане 2400х1800 мм. Армирование подошвы фундамента принято в виде сварных сеток, арматура диаметром 12 мм, класса А400.

В соответствии с вышеизложенным, архитектура спортивного комплекса решена в современных тенденциях с применением современных отделочных материалов. Стиль и цветовая гамма фасадов выбрана таким образом, что данное здание соответствует общему стилю и архитектуре города в целом.

Спортивный комплекс соответствует главным критериям таких сооружений, таких как скорость строительства, качество, надежность, долговечность и функциональность.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

**Лодыгин И.Д.**

**Научный руководитель: доцент Валкнер Э.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Целью работы является изучение вопросов проектирования высотных зданий в сейсмических районах.

Ключевые слова: выбор материала, обеспечение пространственной жесткости, статический и динамический расчет, узлы сопряжения

Выбор материала. Приоритетным материалом для высотных зданий, строящихся в сейсмических районах, является материал с наименьшим весом, при одинаковой несущей способностью с другими. Из имеющихся в наличии, предпочтение отдают высокопрочным сталям. При выборе поперечного сечения колонн предпочтение отдают сечениям, имеющим почти одинаковые радиусы инерции относительно оси ОХ и ОУ. Из прокатных профилей этим требованиям удовлетворяют колонны двутаврового сечения по ГОСТ 26202-83, а так же колонны квадратного трубчатого сечения из прокатных листов.

Выбор конструктивной схемы. Высотные здания из металлических конструкций в основном проектируют как пространственную стержневую систему, предпочтения отдают связевым и рамно-связевым системам, которые обеспечивают пространственную жесткость от действия горизонтальных ветровых и сейсмических усилий в обоих направлениях. Выбор этой системы связан с простотой проектирования, изготовления и монтажа узлов сопряжения ригелей площадок с колоннами. Количество связевых блоков назначается не меньше двух относительно центра тяжести здания соответственно по обоим направлениям по осям ОХ и ОУ. При недостаточной несущей способности двух связевых блоков назначают их количество по расчету.

Узлы сопряжения. На современном этапе предпочтение отдают монолитным железобетонным плитам перекрытия, толщину которых назначают в зависимости от шага второстепенных и главных балок. Крепление плиты к основным несущим конструкциям каркаса обеспечиваемся путем установки различных видов анкеров. Такое решения связано с тем, что плиты обеспечивают жесткость пространственного каркаса в целом от крутильных колебаний каркаса при сейсмических воздействиях. Стеновые ограждения из железобетонных панелей с утеплителем для обеспечения необходимой теплопроводности. Опираются на выступу плит перекрытий и образуют сейсмический шов между верхом плиты ограждения и плитой перекрытия. Антисейсмический шов заполняется легким пенным материалом, не оказывает сопротивление при работе стального каркаса от сейсмических воздействий.

Статический и динамический расчет. Статический расчет каркаса при связевой схеме предусматривает расчленение пространственной конструкции на отдельные плоские системы, работающие, как правило, в поперечном направлении. Расчетная схема представляет собой многоэтажную раму с шарнирным сопряжением ригелей с колоннами, и со связевой фермой в одном из пролетов. Ригели такой рамы, загруженные равномерно распределенной постоянной и временной нагрузками, работают как разрезные балки. Опорные реакции ригелей передаются на колонны каркаса в виде продольных сил  $N$ . При симметричном загрузении ригелей по всем этажам в колоннах будут возникать только усилия центрального сжатия. Однако наилучшим вариантом загрузки, который может иметь место в процессе эксплуатации, является одностороннее загрузение пролетов временной нагрузкой, вызывающей возникновения местных изгибающих моментов  $M_{loc}$  в колоннах, поэтому при проектировании колонн делается два расчета: первый - на центральное сжатие от максимальной сжимающей силы  $N_{max}$ , второй - на внецентренное сжатие от совместного действия местного изгибающего момента  $M_{loc}$  и соответствующей продольной силы  $N$ . Расчет производится в современных программных комплексах. Результатами расчета являются таблицы, в которых присутствует проверка сечений элементов каркаса, а так же подбор сечений и расчет узлов.

Заключение: целью работы являлось изучение вопросов проектирования высотных зданий в сейсмических районах. При решении задачи были освещены пункты: выбор материала, обеспечение пространственной жесткости, статический и динамический расчет, узлы сопряжения. Таким образом, задачи решены в полном объеме, цель достигнута.

УДК 699.841

## **АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДЕРЕВЯННОГО ЖИЛОГО ДОМА**

**Меркурьева Е.А**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Мельникова И.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, katemercury@mail.ru*

В статье обоснована необходимость проведения архитектурно-конструктивных антисейсмических мероприятий при строительстве деревянных конструкций и зданий.

Ключевые слова: деревянные здания, специальные объемно-планировочные и конструктивные антисейсмические мероприятия, требования, планировка здания.

В настоящее время идет увеличение объемов частного жилого малоэтажного строительства, и с активным ростом строительства возрастает спрос на загородные дома, которые по сейсмическим условиям должны соответствовать всем действующим общестроительным и антисейсмическим нормативным требованиям, обеспечивающим их надежность и долговечность. Важнейшим общим требованием, предъявляемым к деревянным зданиям, является высокое качество их возведения и эксплуатации.

Обязательным общим требованием к деревянным конструкциям и зданиям в сейсмических условиях является выполнение антисептирования и противопожарной обработки древесины, предусмотренных соответствующими нормативными требованиями, конструкций.

Специальные объемно-планировочные и конструктивные антисейсмические мероприятия в деревянных конструкциях и зданиях должны быть направлены на обеспечение их достаточной пространственной и в плоскости каждой конструкции жесткости, надежной связи коробки здания с фундаментом, прочной взаимной связи элементов конструкций и между конструкциями.

Деревянные рубленые брусчатые здания должны иметь не более двух этажей. Высота этажа деревянных зданий не должна превышать 3,2 м. Расстояние между поперечными стенами, исходя из длины брусьев и необходимости, с учетом этого, избегать их стыков в пролетах, назначается не более 6-8 м. Расстояние между продольными стенами должно быть, как правило, не более 5-6 м. В зданиях с большими, чем названные, расстояниями между поперечными и продольными стенами должны приниматься дополнительные конструктивные меры, повышающие жесткость стен в своей плоскости, связь между стенами и перекрытиями, коробки с фундаментом, общую пространственную жесткость здания.

Помимо общих объемно-планировочных мероприятий необходимо соблюдение обязательных конструктивных мер, касающихся отдельной конструкции дома.

При бетонных монолитных ленточных фундаментах обязательна закладка в них стальных анкеров (анкерных болтов), заделываемых в тело фундамента на достаточную глубину, исключающую их выдергивание при сейсмических воздействиях, и запускаемых в стены на высоту 2-3-х венцов сруба. Такие анкера должны ставиться у всех углов и пересечений стен, а в двухэтажных зданиях - также и в промежутках между поперечными стенами в местах расположения стоек или сжимов. Глубина заделки анкеров в бетонный фундамент должна быть не менее 30 диаметров анкера, а при применении полосовой стали 40-50 см. Анкера внизу должны иметь прямые крюки или лапки.

Деревянные рубленые стены должны быть конструктивно замкнутыми сверху и внизу по всему их контуру. Для этого в них над большими проемами и под ними следует выполнять проходные цельные венцы (балки); таким же образом соединяют противоположные поперечные коротыши в продольных стенах, устраиваемые для укрепления последних при увеличенных рас-

стояниях между поперечными стенами.

В рубленых брусчатых стенах все виды рубки углов и пересечений стен - с остатком, вполдерева, впритык должны выполняться с обязательным усилением путем устройства присека (крюка), потемочного шипа или шпонок, а также постановкой стальных угловых связей через 1-2 венца в двухэтажных срубах. Обязательны припазовка смежных венцов и скрепление их постановкой между ними в шахматном порядке через 70-75 см по длине стальных нагелей или шипов из твердых пород дерева с заглублением не менее 5 см в каждый венец (за вычетом зазора на осадку сруба). Нагели и шипы должны также ставиться у всех углов и пересечений стен, вблизи оконных и дверных проемов и с обеих сторон стыков брусьев по длине.

В рубленых стенах и простенках для предотвращения деформаций их из плоскости, боковые стороны обрамления оконных и дверных проемов (колоды-боковины) следует соединять со стенами с помощью гребня в стене и соответствующего ему паза в колоде. Такое соединение и достаточный зазор над верхней частью обрамления проемов обеспечивает кроме того возможность свободной осадки сруба.

В рубленых зданиях балки пола и перекрытий следует соединять со стенами плотной врубкой концов сковороднем. Балки пола врубаются между вторым и третьим венцами, а балки последнего перекрытия (покрытия) - ниже накладного венца. В деревянных перекрытиях подшивку потолков к балкам досками и нижний слой досок при двухслойных полах следует располагать, как правило, под углом  $45^\circ$  к направлению балок; концы досок подшивки и настилов в местах их примыкания к стенам необходимо крепить гвоздями к пристенным балкам, заанкеренным в стены по концам и по длине. Лаги и накат необходимо крепить гвоздями к каждой балке, а в чердачных перекрытиях, при отсутствии диагональной подшивки потолка досками, балки поверху расшивают брусками или досками через 70-80 см по длине.

Крыши с деревянными несущими конструкциями должны быть, по возможности, более легкими и низкими, покрытыми только легкими негорючими материалами - шифером, кровельным железом, профилированным металлом, керамической черепицей. Следует применять деревянные стропильные системы, не создающие распора на стены. Предпочтительны наслонные стропила, опирающиеся на продольные прогоны и подкрепленные в своей плоскости подкосами. Все соединения стропил между собой (в коньке), с продольными прогонами (а последних со стойками), подкосами, затяжками и мауэрлатом должны быть конструктивно усилены в направлении повышения их прочности и неизменяемости. Каждый стропильный поперечник должен представлять неизменяемую систему. Общую повышенную пространственную жесткость крыши следует обеспечивать, прежде всего, постановкой в продольном направлении между стропильными поперечниками достаточного количества горизонтальных и диагональных элементов, конструктивно с ними связанных. Более надежным должно быть и крепление обрешетки к стропилам. Подстро-

пильные верхние венцы срубов, деревянные мауэрлаты должны выполняться непрерывными по всем стенам и представлять собой замкнутые рамы, надежно связанные с ниже- и вышележащими элементами и конструкциями, иметь дополнительное усиление в стыках по длине и в углах, а также угловые связи жесткости. В деревянной несущей основе крыши сопряжения элементов конструкций и конструкций между собой следует выполнять замковыми соединениями - врубками, с зубом, на шипах, соответствующими возникающим усилиям. Места стыков необходимо усиливать деревянными и металлическими накладками, болтами, скобами или стяжками.

В объемно-планировочное и конструктивное решение деревянного брусчатого жилого дома уже заложены антисейсмические меры. Планировка здания и устройство конструкций представляют в совокупности геометрически неизменяемую систему и обеспечивают достаточную пространственную жесткость, что является главным антисейсмическим мероприятием. Специальные объемно-планировочные и конструктивные антисейсмические мероприятия в деревянных зданиях должны быть направлены на обеспечение надежной связи коробки здания с фундаментом и прочной взаимной связи элементов конструкций и между конструкциями.

Данные мероприятия рассматриваются индивидуально в зависимости от сейсмичности района строительства, типа грунта основания и других учитываемых факторов.

УДК 728.011.25:624.012.4:624.92

## **СОВРЕМЕННОЕ ВИДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

**Савенкова К.П.**

**Научный руководитель: доцент Валкнер Э.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Изложены вопросы развития проектирования монолитных железобетонных многоэтажных каркасных зданий. Рассмотрены современные методы расчета многоэтажных каркасных зданий.

Ключевые слова: монолитное домостроение, железобетон, программные средства.

Столетний опыт применения бетона, как конструктивного материала совместно с арматурой, показал его положительные и отрицательные свойства.

Изобретение цемента, доступность инертных материалов (гравий, песок) сыграли положительную роль внедрения железобетонных конструкций в строительство. Свойства бетона принимать любую форму дал возможность строителям проектировать конструкции любого сечения, а здания разнообразной архитектурной формы.

Всем известно монолитное домостроение, с которого началось внедрение железобетона, требовало применения дорогостоящей древесины на опалубку. Отсутствие механизированного способа возведения железобетонных монолитных каркасных зданий связано с большими трудозатратами и большими сроками строительства.

В определенный период для массового строительства промышленная индустрия «повернулась лицом» к сборному железобетону. Это позволило достаточно быстро снять проблему жилья, а также с большей скоростью развить строительное производство.

Исследования последних двадцати лет показали, что при определенных условиях, таких как использование современных типов опалубки, упрощение конструктивных схем каркаса, способы механизированного приготовления, укладки и транспортировки бетонной смеси на строительный объект позволили вернуться к монолитному домостроению.

Быстрое совершенствование систем автоматизированного проектирования и развитие средств компьютерных технологий резко снизилась трудоемкость расчета и конструирования каркасных монолитных зданий с использованием различных программных средств, таких как «МОНОМАХ», «ЛИРА», «САПФИР» и т.д.

Широкое использование в современном строительстве монолитно-каркасной технологии определило класс задач решаемых с помощью программ комплекса «МОНОМАХ». За последние годы ПК «МОНОМАХ» был оценен проектировщиками как незаменимый инструмент расчета конструкций жилых и общественных многоэтажных зданий из монолитного железобетона. ПК «МОНОМАХ» оказывает реальную помощь при принятии проектных решений, при разработке индивидуальных проектов со свободной планировкой помещений, при большом объеме проектных работ, а также при экспертной оценке выполненных проектов. Особо привлекает быстрота моделирования объекта в таких программах комплекса как КОМПОНОВКА, ПЛИТА, РАЗРЕЗ (СТЕНА) с последующим экспортом данных в ПК «ЛИРА», а также выполнение чертежей железобетонных конструкций.

В автоматизированном режиме в подпрограмме «КОМПАНОВКА» можно на основе конструктивной модели здания создать математическую модель здания и результат этого можно продемонстрировать в режиме вида 3D. Пример этого показан на рисунках 1 и 2.



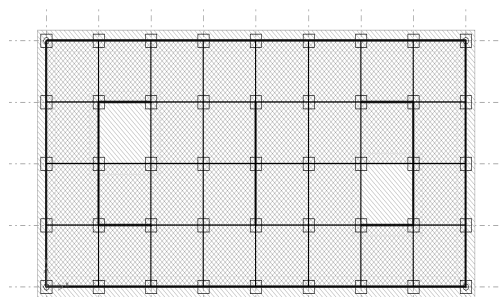


Рисунок - 1 План здания

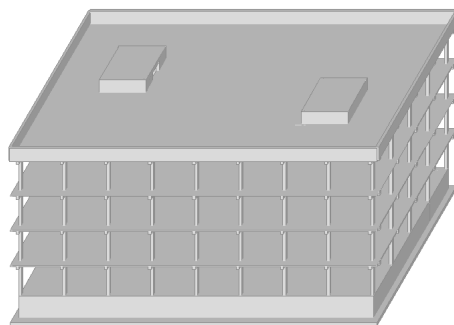


Рисунок - 2 Модель здания в режиме вида 3D

Дальнейшая перспектива развития вопросов проектирования и строительства связана с созданием системы BIM технологий, которая будет предусматривать управление процессом всех видов проектирования, технологических процессов строительства, эксплуатации, реконструкции и при необходимости снос построенного объекта после исчерпания эксплуатационных свойств.

УДК 624:621

## **ЦЕХ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА В г. АНГАРСКЕ**

**Гусельников И.С.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Алешин Н.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,*

*г. Новокузнецк*

Обоснована необходимость проектирования цеха ремонта оборудования машиностроительного завода.

Ключевые слова: машиностроение, цех ремонта оборудования, программный комплекс SCAD, металлические конструкции.

На данный момент определяющая роль отрасли строительства заключается в создании условий для динамичного развития экономики страны. А потому немаловажной задачей, которая сейчас стоит перед страной в облас-

ти капитального строительства, является возрождение отечественного машиностроения.

Предусмотренные проектом объемно-планировочные и конструктивные решения соответствуют международным стандартам.

Целью работы являлось запроектировать цех ремонта оборудования машиностроительного завода. Площадка строительства - г. Ангарск.

Здание в плане прямоугольное, размером 72×48 м, состоит из двух пролетов размерами 24 м каждый. В состав цеха входят следующие подразделения: участок механической обработки, участок термообработки, участок сборки и участок окраски.

Каркас цеха ремонта оборудования машиностроительного завода металлический. Стальные сквозные колонны имеют жесткое сопряжение с фундаментами и шарнирное сопряжение с металлическими стропильными фермами. Шаг колонн равен 12 м. Высота до низа несущих конструкций 16,8 м. За отметку 0.00 принята отметка уровня чистого пола.

В цехе предусмотрено подъемно-транспортное оборудование, представленное мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью 10 т по два на каждый пролет.

Жесткость здания в поперечном направлении обеспечена рамами, образованными колоннами с жесткой базой и стропильными фермами с жестким закреплением с колонной. В продольном направлении жесткость обеспечена рамами, связанными подкрановыми балками, стальными связями и сквозными прогонами.

Кровля принята плоская с уклоном 1.5%, теплая, легкая. Основанием кровли служит профилированный настил, укладываемый по прогонам. В качестве утеплителя принят пенополистирол, толщиной 200 мм.

Стеновое ограждение выполнено из бескаркасных панелей, которая, в свою очередь, выполнена из металлических листов с эффективным утеплителем пенополиуретаном. Цокольная панель принята из керамзитобетона.

В проекте использовался современный программный комплекс SCAD, при помощи которого выполнен расчет пяти конструктивных элементов:

- колонны;
- стропильной фермы;
- подкрановой балки;
- решетчатого прогона;
- свайного фундамента.

Расчет металлических конструкций выполнен на действие вертикальных постоянных, снеговых, крановых, а также ветровых нагрузок и сейсмического воздействия.

Результатом расчета металлических конструкций является необходимая прочность и устойчивость элементов конструкций каркаса, а также определение усилий на фундаменты, и усилий в элементах каркаса.

Колонны в проекте приняты стальные сквозные. Верхняя часть колон-

ны – в поперечном разрезе – сплошное сечение. Нижняя часть – решетчатая. Соединение верхней и нижней частей колонны осуществляется через траверсу. Соединение колонны с фундаментом жесткое, осуществляется с помощью анкерных болтов, которые проходят через анкерные плитки, приваренные к траверсам базы.

Стропильная ферма принята металлической с параллельными поясами из широкополочных двутавров и решёткой из гнутосварных труб. Материал поясов - С285, решетки - С255. Выполнен расчет узлов крепления верхнего и нижнего поясов фермы к колонне, расчет стыков отправочных марок.

Подкрановая балка принята симметричного сечения с тормозной конструкцией в виде листа из рифленой стали толщиной  $\delta=6$  мм и швеллера №36. Для подкрановой балки выбрана сталь С255. Расчет произведен по несущей способности. Для решетчатого прогона принята сталь марки С245.

Фундаменты под колонны каркаса предусмотрены в виде монолитных железобетонных ростверков на свайном основании. Свайный ростверк принят из бетона класса В15. По расчету высота ростверка 850 мм. Сваи выбраны квадратные забивные висячие, длиной 10м, сечением 30×30 см. Произведен расчет несущей способности сваи по грунту и расчет ростверка по прочности.

Здание цеха ремонта оборудования обеспечит динамичное развитие экономики страны и поспособствует возрождению отечественного машиностроения.

УДК 69.059.7

## **УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ РЕКУПЕРАТОРНОЙ №3 ОАО «РУСАЛ НОВОКУЗНЕЦК»**

**Русанов А.А.**

**Научный руководитель: доцент Музыченко Л.Н.**

**Буцук И.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье предложены мероприятия по усилению строительных конструкций здания рекуператорной №3 ОАО «РУСАЛ Новокузнецк».

Ключевые слова: каркас здания, фундаменты, стены, конструкции, дефекты, демонтаж.

Целью работы было продлить нормативный срок эксплуатации здания рекуператорной №3 ОАО «РУСАЛ Новокузнецк». Техническое решение принималось с расчетом аварийности конструкций и необходимостью выполнить ремонт без остановки технологического процесса.

Здание рекуператорной №3 7-й серии расположено на территории 2-й промышленной площадки ОАО «РУСАЛ Новокузнецк» и представляет собой одноэтажное бескаркасное неотапливаемое здание размерами в плане 12×12 м. Каркас здания состоит из несущих кирпичных стен с пилястрами, на которые по оси 2 опирается сборная железобетонная двускатная стропильная балка таврового сечения. Пролет стропильной балки 12 м. Общая устойчивость здания в продольном и поперечном направлении обеспечивается жесткими несущими стенами, а так же жестким диском покрытия в уровне верха стропильных балок, создаваемого железобетонными плитами. Фундаменты – монолитные железобетонные столбчатые на естественном основании. Глубина заложения подошв фундамента от уровня чистого пола здания на отметке минус 5,100. Допускаемое давление на грунт основания – 1,5 кг/см<sup>2</sup>. Фундаментные балки – сборные железобетонные длиной 5960 мм. Стены – несущие кирпичные толщиной 380 мм с устройством через 6 м пилястр. Стены выполнены из красного кирпича марки М100 на цементно-песчаном растворе марки М25. Все проектные оконные проемы в процессе эксплуатации были заложены кирпичом, толщина стены  $\delta=380$  мм, а в стене, являющейся опорой покрытия, выполнены распашные ворота габаритом 3×3,5 м для въезда автопогрузчика. Стропильная балка – сборная железобетонная двускатная, таврового сечения. Плиты покрытия – сборные железобетонные, ребристые размером 1,5×6 м. Кровля – 3 слоя рубероида на битумной мастике по асфальтовой стяжке  $\delta=20$  мм и утеплителю из пенобетона  $\delta=100$  мм. По результатам натурного и инструментального обследования здания были выявлены дефекты, такие как многочисленные разрушения кирпичной кладки фасадов В-А, 1-3, 3-1 глубиной от 30 до 150 мм; фактическое разрушение кирпичной стены фасада А-В по всей площади стены; разрушение фундаментных балок в осях А-В/3 в следствие потери несущей способности, повреждения кровли, в результате чего плиты покрытия в осях 2-3/А-В имели следы протечек воды, фильтрации воды и отложения солей. По результатам обследования были выполнены проверочные расчеты конструкций. Расчет торцевых кирпичных стен, в качестве примера был выполнен с учетом требований Еврокода 6 «Проектирование каменных конструкций».

По результатам расчетов конструкций здания было введено постоянное ограничение снеговой нагрузки до 140 кгс/м<sup>2</sup> и полное исключение скопления технологической пыли. Определяющими для максимально допускаемой снеговой нагрузки явились результаты расчета железобетонных фундаментных балок. Фундаменты разгрузить рандбалками из швеллера. Демонтировать следующие конструкции в осях 2-3/А-В: кровля, плиты покрытия, участки стен 2-3 и 3-2 осей А-В на длине 3м на всю высоту, кирпичная кладка фасада А-В, фундаментные балки в осях А-В/3. Заменить демонтируемые конструкции на следующие: монолитные железобетонные фундаментные балки сечением 420х800; выполнить металлическую 3-х пролетную П-образную раму (пролёт 4 м), с шарнирным примыканием балок покрытия к

стойкам, которые служат опиранием для металлических щитов размером 1,5х6м. Стеновое ограждение в осях А-В выполнить трехслойными сэндвич-панелями. Кладку в осях 2-3 и 3-2 осей А-В переложить кирпичом М100.

Предложенные мероприятия позволяют продлить срок службы здания рекуператорной и провести работы по реконструкции без остановки технологического процесса.

УДК 725.41:622

## **ЗДАНИЕ БЛОКА ОЧИСТКИ ШАХТЫ «БОЛЬШЕВИК» В НОВОКУЗНЕЦКОМ РАЙОНЕ**

**Цуканов Е.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Алешин Н.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассмотрен вопрос разработки проектной документации для реализации объемно-планировочного и архитектурно-конструктивного решений с использованием современных систем автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: блок очистки, технологический процесс очистки воды, объемно-планировочное решение, системы автоматизированного проектирования.

С начала текущего столетия общее водопотребление в мире возросло в 8 раз, а на промышленные цели - более чем в 20 раз. Водное хозяйство горной промышленности отличает то, что забор воды и сброс ее в процессе добычи превышает потребление воды на производственные нужды отрасли более чем в 3 раза, причем для шахт - в 7 раз, для разрезов - в 4,5 раза. В настоящее время охрана вод от загрязнения и истощения на территории России регламентируется основами водного законодательства страны, водными кодексами и на их основе постановлениями соответствующих органов о порядке использования вод, правилами их охраны. Блок очистки является важным звеном в горнодобывающей промышленности.

Объемно-планировочное решение, а также архитектурно-конструктивное напрямую связано с технологическим процессом очистки воды. Шахтные воды из водосборников ОАО «Шахта "Большевик" насосами подаются в блок очистки на дуговые гидравлические сита. На дуговых ситах происходит отделение из воды частиц размерами 1 мм и более. Шлам после дуговых сит влажностью около 30 % поступает в бункерную, откуда вывозится на утилизацию. Поверхностные сточные воды с остальной территории площадки ОАО «Шахта «Большевик», также подаются в блок очистки (в камеры коагуляции, затем в камеру флокуляции I ступени и камеры флокуля-

ции II ступени). Затем очищаемые воды поступают в тонкослойные сепараторы, где происходит очистка сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Из тонкослойных сепараторов сточные воды самотеком поступают в приемный резервуар, откуда насосами подаются в установку мембранной фильтрации. В установке мембранной фильтрации происходит доочистка и обеззараживание сточных вод. Сгущенный осадок из тонкослойных сепараторов направляется на обезвоживание в установки обезвоживания осадка. Для интенсификации процесса обезвоживания осадка перед фильтр-прессами вводится раствор флокулянта, для чего предусматривается автоматизированная установка приготовления и дозирования флокулянта. Обезвоженный кек влажностью 35 % поступает в бункерную, а затем вывозится на утилизацию.

Особенностью блока является объемно-планировочное решение. Здание состоит из двух блоков разной высоты. Данное решение позволяет более компактно установить оборудование, соблюдая технологию очистки воды, что приводит к уменьшению сметной стоимости здания. Еще одной особенностью является нестандартное расположение кранов – поперечное. Для этого используются фермы с прикрепленными в узлах нижнего пояса перекидными балками, на которые в свою очередь крепятся монорельсы.

При расчете блока очистки были применены современные системы автоматизированного проектирования (САПР). Расчет каркаса, узлов несущих конструкций выполнен с помощью программного комплекса SCAD Office. Расчет фундамента выполнен при помощи программы «Фундамент». Это – современные средства вычислительной техники, новые способы представления и обработки информации, создание новых численных методов решения инженерных задач и оптимизации. Системы автоматизированного проектирования дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук обрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов.

При проектировании было учтено то, что район строительства (г. Новокузнецк), относят ко второй категории грунтов по сейсмике (т.е. бальность площадки 7 баллов).

При разработке проектной документации необходимо учитывать технологический процесс производства, требования, регламенты и нормы, действующие на территории страны. Также применять современные системы автоматизированного расчета, современные материалы и оборудование. При совокупности всех этих аспектов качество проектирования будет увеличиваться, время и стоимость уменьшаться.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СТАЛЬНОГО КАРКАСА ЗДАНИЯ ЦЕХА ПО РЕМОНТУ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН п. РАЗДОЛЬНЫЙ ГУРЬЕВСКОГО РАЙОНА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Шергин Ю.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Астахова Л.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Производственное здание, ставшее предметом рассмотрения в данной работе, имеет ряд нестандартных конструктивных решений, представляющих интерес для исследования. Собственник здания обеспокоен повышенной деформативностью каркаса, выразившееся в том числе, в потере устойчивости распорок по колоннам.

В данной работе делается попытка оценки этих проявлений и принятых нестандартных конструктивных решений расчетным путем с разработкой предложений по восстановлению работоспособности конструкций.

Ключевые слова: теоретический анализ, напряженно – деформированное состояние, легкий металлический каркас, проект усиления.

*Нестандартные конструктивные решения ставшие предметом рассмотрения в данной работе.*

В пролете А-Б 24м приняты стропильные трапециевидные фермы, нижний и верхний пояс которых выполнен из прокатных швеллеров с параллельными поясами №18п, развернутых пером друг от друга, с объединяющей планкой из пластины, повернутой на угол 45 град. относительно оси стержня.

Изучение типовых серий позволило выявить применение данного типа сечения только для ферм пролетом до 12 м.

Основными типами ферм применяемых для перекрытия пролетов 24 м являются фермы из парных уголков, прямоугольных гнутозамкнутых профилей, фермы с поясами из двутавров и решеткой из гнуто-замкнутых профилей, фермы с поясами из двутавров и треугольной решеткой из уголков [3].

Данное решение пояса покрытия фермы является нетрадиционным.

Конструктивной особенностью данной фермы является расцентровка узлов соединения решетки с поясами, приводящая к появлению изгибающего момента и поперечной силы в сечении поясов.

Расчет фермы выполнен в программном комплексе SCAD.

Максимальные напряжения в стержнях фермы возникают в том случае, когда с одной стороны двускатной крыши ветром наносится снеговая на-

грузка с коэффициентом 1,25 и с этой же стороны пролета находится кран с грузом. При таком сочетании нагрузки возможно перенапряжение элементов фермы и переход ее работы в упругопластическую стадию.

Был выполнен конструктивный расчет наиболее напряженных стержней нижнего и верхнего поясов, который показал что прочность и устойчивость стержней с учетом пластических деформаций обеспечена [1].

В изгибаемых элементах, в отличие от центрально растянутых стержней, появление фибровой текучести не приводит к исчерпанию несущей способности, так как в глубине сечения значения напряжений меньше предела текучести и, следовательно, стержень будет оказывать сопротивление при дальнейшем росте внешней нагрузки.

Расчет несущей рамы каркаса в программном комплексе, показал что прочность и устойчивость балки покрытия в пролете б-в, колонн по рядам а, б, в обеспечена.

Вычислены значения изгибающих моментов возникающих в жестко-защемленных базах колонн. Определены горизонтальные перемещения каркаса здания, которые составили 88 мм, которые оказались выше предельно допустимых для данного типа здания - 84 мм.

Конструктивное оформление баз колонн выполнено вполне традиционно. Только такое оформление применяется для шарнирного закрепления баз колонн. Считать такую базу колонны жестким защемлением мы можем только тогда, когда момент возникающий в нижнем сечении колонны полностью воспринимается анкерными болтами.

Расчет анкерных болтов показал, что их несущая способность недостаточна. Расчетной ситуацией является та в которой сжимающее усилие в базе колонны минимально, а изгибающий момент наоборот максимален. Такая расчетная ситуация возникает в случае когда по вертикали действует только постоянная нагрузка, а по горизонтали действует максимальное значение ветровой нагрузки с учетом средней и пульсационной составляющей.

Разрушение анкерных болтов по рядам А, Б приводит к изменяемости рамы и наступлению предельного состояния.

Приходим к выводу: для обеспечения пространственной неизменяемости и уменьшения деформативности рамы каркаса требуется создание жесткого узла рамы: верхнего или нижнего.

Базы колонн являются труднодоступными из-за навесного стенового ограждения и проходящих в непосредственной близости технологического трубопровода, принимаем решение, усилить раму каркаса, созданием жесткого соединения стропильной фермы в пролете А-Б с колоннами.

Предложено ввести дополнительный элемент, соединяющий нижний пояс фермы в пролете А-Б с колоннами по рядам А и Б.

Расчет рамы с введенными дополнительными элементами показал значительное уменьшение изгибающего момента в базах колонн и растягиваю-



щих усилий в нижнем поясе фермы, а также что устойчивость рамы обеспечена, даже если считать базы колонн шарнирными.

Для выяснения причин потери устойчивости распорок по колоннам в примыкающих к крайним рядам выполнен расчет пространственной модели каркаса здания с созданием наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок для пространственной работы здания (краны находятся в крайних пролетах, их тележки движутся в противоположных направлениях, «закручивая» каркаса здания; направление ветрового нагружения выбрано на угол здания).

Расчет показал, что устойчивость распорок обеспечена. Потеря устойчивости происходит из-за конструктивного недостатка: свободная длина опорных пластин чрезмерно высока, вследствие чего чрезмерно высока их гибкость. Требуется введение вертикальных опорных пластин в опорной зоне распорок.

Подводя итоги можно сказать:

1. Деформативность здания действительно чрезмерно высока. На момент постройки зданий в действующих нормах допускалось не учитывать пульсацию ветра. В действующих же нормах пульсацию ветра учитывать необходимо [2]. Расчет с учетом пульсационной составляющей ветровой нагрузки показал значительные деформации каркаса в расчетной схеме, наблюдаемые и в действительности.

2. Конструкция базы колонны принятая к расчету как жестко закрепленная, в действительности не может считаться таковой. Расчет показал что она не воспринимает изгибающий момент возникающий в нижней части колонны, при учете пульсации ветра, в соответствии с действующими нормами.

3. Применение ферм, конструктивное оформление которых не имеет детального теоретического и практического изучения, практического использования несет не оправданные риски. Расчет показал, что прочность фермы обеспечена, но нужна более точная оценка напряженно-деформированного состояния работы фермы.

4. Безопасная эксплуатация здания возможна только после усиления конструкций рамы. В настоящем при возникновении максимального значения ветровой нагрузки возможно наступление предельного состояния.

#### Библиографический список

1. СНИП II-23.81\*. Стальные конструкции. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. - 90с.
2. СНИП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия.- М.: ФГУП ЦПП, 2005.- 44с.
4. Кудишин Ю.И. Металлические конструкции: учебник для студентов высш. проф. образования / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др.; - 13-е изд. испр.- М.: Издательский центр «Академия», 2011.- 688с.

## ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Горчаков М.С.

Научный руководитель: доцент Валкнер Э.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Формирование и расчёт промышленного поперечника одноэтажного промышленного здания до использования информационных технологий, а также после появления современных ПК и программных продуктов.

Ключевые слова: здание, нагрузка, схема загрузки, программный комплекс AutoCad.

Раньше при расчёте конструкций одноэтажных промышленных зданий из сборного железобетона статический расчёт на действие эксплуатационных нагрузок, как правило, выполнялся вручную с использованием метода строительной механики или заранее разработанных справочных таблиц.

Перед расчётом из сборных железобетонных конструкций формируется поперечник здания с определением основных геометрических размеров, как показано на рисунке 1.

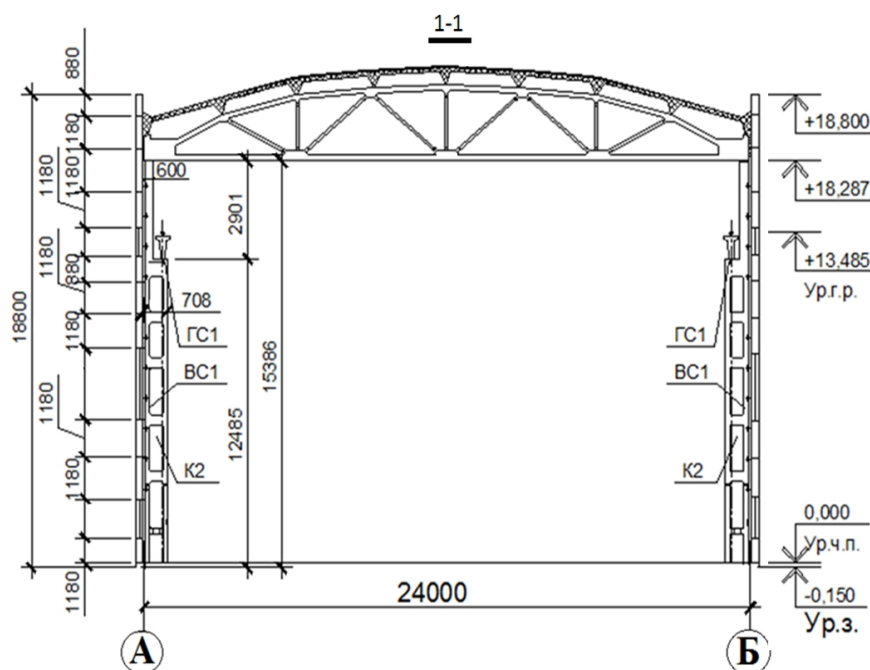


Рисунок 1 – Поперечный разрез промышленного здания

По геометрическим данным поперечного разреза здания формируется расчётная схема. При этом производят упрощения:

- стропильная конструкция моделируется стержнем достаточно большой жесткости и шарнирно соединяется с верхом колонн.

- для колонн переменного сечения принимается сплошной стержень с изменением сечения в местах опирания подкрановой балки. Верхнему сечению колонн определяют жесткостные характеристики  $EJ_1$ . Для нижней подкрановой части сплошного сечения также определяют жесткостные характеристики  $EJ_2$ . В том случае если нижняя часть имеет сквозное сечение, принимается сплошное сечение с равноценными жесткостными характеристиками равными сквозному сечению.

Для расчёта составляются следующие схемы загрузки:

- Схема от действия постоянных нагрузок. Нагрузка от покрытия в виде сосредоточенной силы передаётся наверх колонны от стропильных конструкций (реакция). Собственный вес надкрановой части колонны и стеновые ограждения, также прикладываются на верхние узлы надкрановой части колонны. В нижней подкрановой части колонны прикладывается в узел в уровне изменения сечения колонны. Собственный вес подкрановой конструкции обычно прикладываются в сумме с  $D_{max}$  и  $D_{min}$  от нагрузок крана.

- Расчётные схемы от действия крановых нагрузок:

а)  $D_{max}$  на левой опоре и  $D_{min}$  на правой опоре;

б) величина тормозного усилия от горизонтального действия крана в уровне верха подкрановой балки.

Для определения расчётных комбинаций усилия используется принцип симметрии рамы, если он существует, при отсутствии принципа симметрии добавляют от крановых нагрузок ещё два нагружения: первое  $D_{max}$  на правой опоре и  $D_{min}$  на левой опоре; второе нагружение от горизонтального торможения кранов на правой опоре в уровне верха подкрановой балки.

- Расчётная схема от снеговой нагрузки представляют определённую расчётную схему с вертикальными силами, загруженными в верхний узел колонны, равное опорной реакции действия стропильной фермы от снеговой нагрузки.

- Расчётная схема от действия ветра представляют схему, где левая колонна рамы загружается напором от ветра, а левая отсосом. Ветровая нагрузка выше нижнего пояса стропильных ферм определяют как сосредоточенную, и прикладывается в узлы верхней части левой и правой колонны.

Для формирования и расчёта исходных данных с использованием информационных технологий имеются некоторые отличия. При формировании конструктивного разреза здания используется база данных графического редактора «AutoCAD». Создав конструктивную схему в «AutoCAD» и откорректировав вертикальные и горизонтальные размеры поперечной рамы, по центру тяжести несущих элементов проводят оси. В местах пересечения осей назначаем номера узлов. Данная схема из осей конструктивных элементов при последующей доработке будет являться топологической схемой рамы.

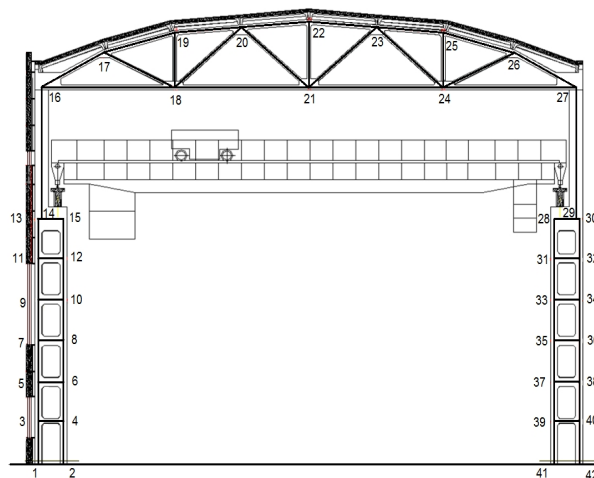


Рисунок 2 - Поперечный разрез здания, назначение осей элементам

Совмещаем нижний узел левого конечного элемента с системой координат «AutoCAD», то есть, переносим поперечник с таким расчётом, чтобы нижний узел имел координату (0.0). После выполнения процедуры средствами «AutoCAD» определяем координаты узлов топологической схемы с созданием таблицы координат узлов. Данный чертёж сохраняем в «AutoCAD», который нужен для определения величины жестких вставок и назначения сечений конструктивных элементов, так как база и чертёж создавались по типовым сериям.

Создание информации для расчёта в программном комплексе начинают с занесением координат узлов, по данным, полученным в «AutoCAD». После того как будут занесены все координаты узлов средствами программного комплекса «ЛИРА 9.6», соединяем точки узлов. Данная схема, представляет собой топологическую схему. Каждому конечному элементу топологической схемы присваивается тип жесткости и величины жестких вставок. Узлы топологической схемы соединённые с фундаментом закрепляют от перемещений и поворотов.

Из «Лиры» распечатываем трафареты топологической схемы в количестве, равным количеству схем загрузки. Трафарет является скелетом схемы загрузки. Следующий этап заключается в том, чтобы составить расчётные схемы от каждого нагружения.

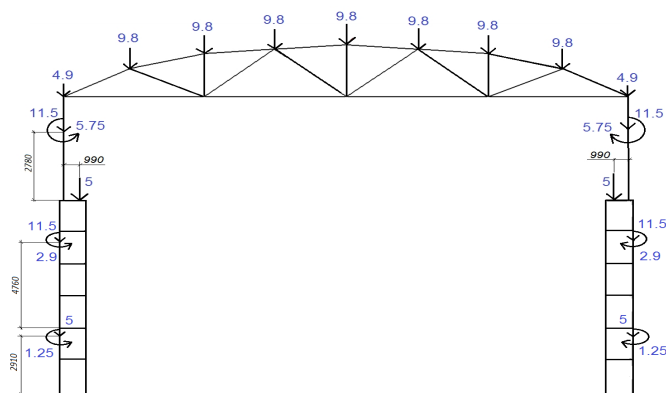


Рисунок 3 – Схема от нагружения постоянной нагрузкой

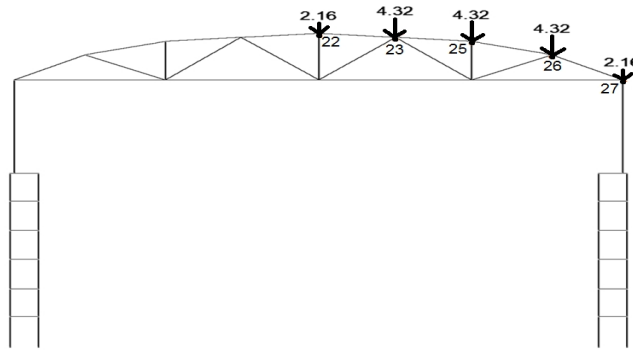


Рисунок 4 – Схема от загрузки снеговой нагрузкой

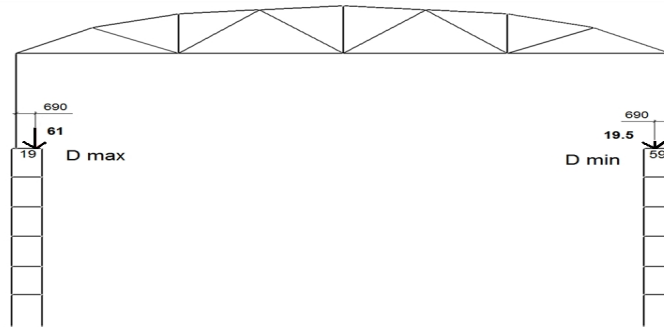


Рисунок 5 – Схема от загрузки крановой нагрузкой

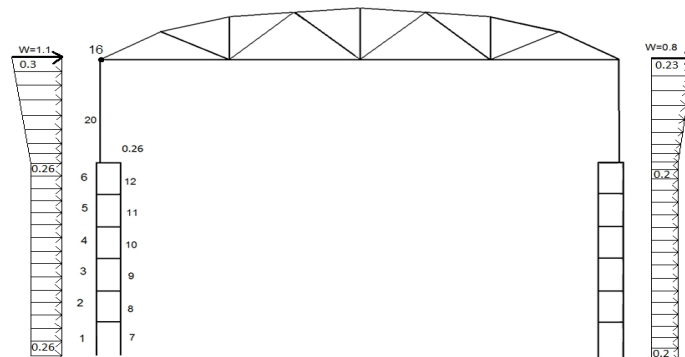


Рисунок 6 – Схема от загрузки ветровой нагрузкой

После создания всех схем загрузки производим ввод исходных данных для каждого загрузки.

Для определения расчётных сочетаний усилий формируется таблица РСУ.

После выполнения расчёта и анализа полученных результатов при положительном исходе обращаются к подпрограмме ЛИР-АРМ, для определения количества расчётной арматуры в каждом сечении. Для расчёта требуется задать дополнительную информацию:

- Уточняем класс бетона и арматуры;
- Корректируем величину расстояния от плоскости до центра тяжести арматуры;
- Дополнительно назначаем необходимые коэффициенты, условия работы в соответствии с нормами;
- Назначаем расчётные длины для сжатых элементов;

- Указываем необходимость расчёта по определению величины раскрытия трещин;

При расчёте с использованием прежних методов применялось много условий, связанных с заданием нагрузок, назначением жесткостей и требовало большой трудоёмкости для его выполнения и оформления результатов.

Современные программные средства, разработанные на базе конечных элементов, дают возможность более точного определения перемещений и усилий в каждом конечном элементе и на порядок сокращают трудоёмкость расчёта, повышают его точность и позволяют сокращать стоимость рассчитываемых конструкций за счёт уменьшения их материалоёмкости.

УДК 725.42:624.016.7

## **СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ У ИНОСТРАННЫХ ИНВЕСТОРОВ И ИХ АДАПТАЦИЯ В МЕСТНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Мясникова В.И.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Астахова Л.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, [myasnikova.v.i@gmail.com](mailto:myasnikova.v.i@gmail.com)*

Сегодня практически во всем мире возведение производственных зданий ведется с применением технологий каркасного строительства. Адаптация зарубежных проектов к условиям реализации на территории России является популярным направлением в современной строительной индустрии.

Ключевые слова: промышленные здания, рамы переменного сечения, крановые нагрузки, сейсмические нагрузки, деформативность каркаса.

В мировой практике широкое внедрение легких металлических конструкций началось в 30-х годах. Пионером их использования в производстве зданий были США. За рубежом из общего количества промышленных зданий примерно половина является легкими одноэтажными зданиями заводского изготовления с ограниченным применением мостовых кранов. На сегодняшний день к числу ведущих зарубежных фирм относятся такие фирмы, как: BUTLER (США), Robertson System (Канада). К ведущим Европейским фирмам относится Lindab (Швеция), Ruukki (Финляндия). В России давним приверженцем европейского типа зданий является кузбасская проектная фирма «Уникон» (г. Кемерово).

Проектирование должно развиваться, идя по пути совершенствования в духе 3-х начал Н.С. Стрелецкого:

- снижение трудоёмкости и стоимости изготовления конструкций;
- снижение материалоёмкости;

- снижение трудоемкости монтажа.

Зарубежные фирмы совершенствуют свои конструктивные решения по всем трем направлениям. Использование листового проката снижает трудоемкость и стоимость изготовления конструкций. Снижение трудоемкости монтажа происходит за счет проведения всех сварных работ на заводе и крепления элементов основного несущего каркаса между собой оцинкованными болтами. Автоматическая сварка осуществляет высокое качество сварного шва. Нет необходимости в квалифицированном специалисте по сварке на строительной площадке. Применение высокопрочных сталей позволяет существенно снизить металлоемкость конструкций и соответственно снизить расходы на устройство фундаментов и монтаж здания. В России же у традиционных каркасов с ригелями в виде ферм, по сравнению с балками переменного сечения меньший расход материала, но при этом изготовление и монтаж ферм сложнее.

На примере проектируемого здания по ремонту горно-шахтного оборудования в г. Новокузнецке был проведен анализ эффективности отечественных и условно европейских решений несущих конструкций каркаса здания.

Район строительства характеризуется следующими данными:

- В соответствии с [1, карта 1] г. Новокузнецк относится к IV району по весу снегового покрова. Нормативное значение веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли для IV снегового района  $S_0 = 2,4 \text{ кПа}$ ;

- В соответствии с [1, карта 3] г. Новокузнецк относится к III району по давлению ветра. Нормативное значение ветрового давления для III района составляет  $W_0 = 38 \text{ кПа}$ . В расчете также учитывалась пульсационная составляющая ветровой нагрузки;

- Сейсмичность площадки - 8 баллов;

- Уровень ответственности здания - 2 с коэффициентом надежности по ответственности 1,0.

Проектируемое здание прямоугольной формы в плане, состоит из двух независимых каркасов: трехэтажного с выходами на крышу (административно-бытовой корпус) размерами  $9 \times 48 \text{ м}$  и одноэтажного (производственный корпус) размерами  $48 \times 90 \text{ м}$ . Каркас производственного корпуса по статической работе - рамно-связевой. Трехпролетные рамы пролетом  $18/18/12 \text{ м}$  установлены с шагом  $6 \text{ м}$ . Сопряжение колонн с фундаментами в плоскости рам - жесткое, из плоскости - шарнирное. Сопряжение стоек и ригелей рамы - жесткое.

Расчет здания был произведен в двух вариантах. В первом варианте было рассмотрено конструктивное решение в виде металлического каркаса с жестким примыканием ферм из парных уголков к колонне. Второй вариант был разработан на основе коммерческого предложения на изготовление и поставку здания от фирмы Lindab, в виде металлического каркаса из рам переменного сечения.

В первом варианте стойки рам каркаса - постоянного по высоте сечения

колонны, из прокатных широкополочных двутавров. Ригели рам пролетом 18 м выполнены в виде ферм с параллельными поясами, ригели рам пролетом 12 м - балки постоянного по длине сечения, из прокатных широкополочных двутавров. Сталь всех несущих стальных конструкций каркасов здания С245.

Во втором варианте основной несущий каркас состоит из поперечных несущих рам из сварных двутавровых колонн и ригелей переменного сечения, изготовленных из высокопрочной стали С345. Дополнительный несущий каркас (система кровельных прогонов): стальные оцинкованные холодногнутые Z-, С-образные профили. При монтаже Z-образных прогонов их соединение обеспечивает неразрезную схему работы системы прогонов в целом.

Особенность каркаса из рам переменного сечения - повышенная деформативность по сравнению с традиционными отечественными каркасами. Это объясняется тем, что сечения таких рамных конструкций подбираются в соответствии с эпюрами внутренних усилий, в основном изгибающих моментов [2]. В особой степени это проявляется для зданий, воспринимающих значительные временные нагрузки (снеговые, ветровые, технологические и др.). Большая деформативность каркаса также оказывает существенное влияние и на состояние кровли. Вследствие больших прогибов и деформаций возникают протечки в кровле. В таких зданиях затруднено применение мостовых кранов без соответствующего увеличения пролета рамы из-за развитого сечения стоек в верхней части. Наличие больших сосредоточенных сил в пролете от технологических или крановых нагрузок нарушает в ригеле рамы с переменной высотой сечения соответствие между распределением момента от постоянной и временной нагрузок и задаваемыми сечениями, а также требует увеличения жесткости ригеля, что приводит к возрастанию расхода стали.

Проектирование рам переменного сечения перспективно и экономически эффективно, но в условиях с большими сейсмическими, снеговыми, ветровыми и другими нагрузками область их применения весьма ограничена. Здания с такими конструктивными решениями в основном используются при отсутствии крановых нагрузок. Иностранные компании предлагают оригинальные проектные решения высокого качества, которые востребованы отечественными организациями, поэтому необходима их адаптация к условиям реализации на территории России, что является популярным направлением в современной строительной индустрии. Однако полностью перенести зарубежные проекты на российскую действительность не представляется возможным, поскольку они основываются на требованиях, значительно отличающихся от принятых в нашей стране строительных норм и правил технического и нормативного характера. Реализация проектов, разработанных иностранными строительными компаниями, может повлечь за собой возникновение трудностей и рисков, связанных с необходимостью анализа и оценки заложенных технических решений и возможности их реализации с учетом действующих технических норм.



## Библиографический список

1. СП 20.13330.2011. «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*» / Министерство регионального развития России. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 80 с.
2. Катюшин В.В. Здания с каркасами из рам переменного сечения / В.В. Катюшин – М.: Стройиздат, 2005.- 656 с.

УДК 622.6

## **НОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД**

**Калашникова Е. С.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Благоразумова А. М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

Функционирование городских канализационных очистных сооружений не ограничивается очисткой сточных вод. Важной частью их работы является обработка и утилизация осадков.

Ключевые слова: обезвоживание осадков, утилизация осадков сточных вод.

Осадки в основном состоят из воды (на 99%) и требуют предварительного обезвоживания. Одной из инновационных технологий обезвоживания осадков сточных вод являются иловые площадки с гравийным колодцем, в которых дренаж в виде гравийных колодцев вынесен на поверхность иловой площадки. Колодцы выполнены из двойной арматурной сетки, заполнены по периметру гравием или дроблённым щебнем (фракция 1-5 см). После подсушки осадка до заданной влажности и уборки его, образующаяся пленка из осадка на внешней стороне колодца растрескивается и отпадает. При промерзании фильтрующих стенок колодца и весеннем таянии происходит их декольматация за счет выноса оттаявшей иловой водой частиц осадка. Применение предлагаемой конструкции позволяет интенсифицировать процесс обезвоживания за счет декантации иловой воды, принимать нагрузку на иловые площадки  $3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  год.

На очистных сооружениях г. Новосибирска были проведены промышленные испытания новой технологии обезвоживания осадка. На каждой иловой площадке с одной стороны был установлен смеситель для перемешивания шлама с раствором нового флокулянта «Сибфлок®» (доза 1,5 кг/т по сухому веществу), а на противоположной торцевой стороне - щелевой колодец (рисунок 1) с прорезями определенной формы, обеспечивающими качественное разделение твердой и жидкой фаз.

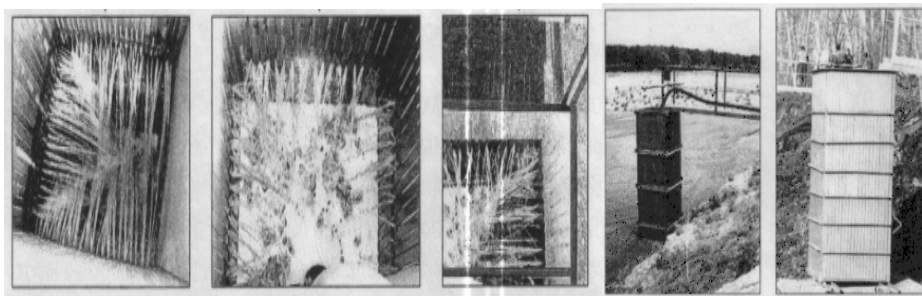


Рисунок 1 – Щелевые колодцы

Разработка позволяет: увеличить нагрузку в 7-12 раз; сократить оборачиваемость иловых карт; получать осадок влажностью 70-75%; снизить содержание взвешенных веществ в возвратной иловой воде до 0,05-0,5 г/л; уменьшить эмиссию неприятных запахов; обеспечивать круглогодичный процесс обезвоживания; получать обезвоженные осадки, легко поддающиеся утилизации в виде компостов, почвосмесей и др.

Термическая обработка обезвоженного осадка сточных вод приобрела в мире статус промышленного стандарта. После сушки биомассы влагосодержание снижается до 10-15 %, а теплотворная способность повышается с 2 до 4,5 кВт ч/кг. Это создает идеальные условия для прямого сжигания или оптимального процесса гранулирования. Дополнительно к значительному снижению объема осадка сушка преобразует отходы в материал, который можно использовать в качестве источника альтернативной энергии.

Производятся системы сушки на основе трех технологий: ленточной сушки, барабанной сушки и сушки в псевдоожигженном слое. Ленточные и барабанные системы работают в режиме конвекции. В сушилках с псевдоожигженным слоем тепло подается косвенно через теплообменник в сушилке. При наличии первичной энергии (природный газ, биогаз, масло и т. д.) ленточные сушилки и сушилки с псевдоожигженным слоем являются наиболее компактными. Конечный продукт сушки осадка сточных вод - обеззараженный гранулят с концентрацией сухого вещества 90%, низким пылесодержанием и стабильными биологическими свойствами, удобный для хранения и применения.

В настоящее время разработан процесс комбинированной сушки и сжигания осадка сточных вод с использованием высушенного осадка в качестве топлива для процесса сжигания, который в свою очередь генерирует тепло, необходимое для сушки. Также разработана инновационная низкотемпературная ленточная сушилка с замкнутой системой воздушной циркуляции, что позволяет осуществлять контроль за загрязнением воздуха и очисткой отработанных газов.

Учитывая непрерывный рост образования осадков сточных вод, своевременное их удаление с территории очистных сооружений становится чрезвычайно важной задачей, особенно в последние годы. Использование

осадков в качестве вторичных ресурсов более предпочтительно, чем вынужденное захоронение.

Осадки городских сточных вод представляют ценное удобрение, значительно повышающее урожайность овощных, зерновых, плодово-ягодных, цветочных и кормовых сельскохозяйственных культур. Осадки содержат все основные питательные вещества, уступая навозу лишь по содержанию калия. Ограничением является содержание тяжелых металлов.

Получаемое из осадков сточных вод и органической части ТБО компостное удобрение положительно влияет на структуру почвы, улучшает ее физико-химические, биологические и противозерозионные свойства. Компост успешно применяется для обогащения истощенных земель, рекультивации почв, увеличивает влагоемкость, улучшает биологическую активность и сопротивляемость растений болезням. При этом сокращаются энергетические затраты, становится проще и дешевле процесс и технология получения удобрения. При таком компостировании исключается не только термическая сушка осадков, но также механическое обезвоживание их, что значительно упрощает процесс обработки осадков и снижает его стоимость.

Иловая вода, выделяемая метантенками или получаемая после механического обезвоживания сброженных осадков, содержит большое количество аммонийных солей. Из нее можно выделить аммонийный азот и затем использовать как удобрение. По данным исследований в 1 л иловой воды после метантенков содержится до 600-800 мг азота аммонийных солей.

Пиролиз, или сухая перегонка, представляет собой процесс термической переработки осадков путем высокотемпературного нагрева без доступа воздуха. Наиболее ценными продуктами пиролиза являются пирокарбон и смола или деготь. В ОАОНИИ ВОДГЕО были проведены исследования, показавшие перспективность использования активного ила как сырья при получении пиролизом активированного угля для осветления сточных вод.

В бытовых сточных водах всегда содержатся жировые вещества. Из 1 м<sup>3</sup> осадков влажностью 95 % можно извлечь от 7 до 10 кг жира. Технический жир в свою очередь рентабельно использовать для производства высококачественного хозяйственного мыла. Из 1 т технического жира можно получить 1,5 т мыла.

В активном иле, выделяемом в результате биологической очистки сточных вод, обнаружено около 60 % неомыляемых жиров типа нефтепродуктов. Эти вещества обладают высокой вязкостью, позволяющей использовать их для производства смазок и лучше всего консистентных (типа «тавот»).

Осадки городских и производственных сточных вод могут использоваться для получения строительных материалов. Зола от сжигания осадков используется в качестве добавок при производстве цемента; обезвоженный песок с песковых площадок для планировки территорий в дорожном строительстве

Исходя из минимизации миграции вредных веществ в окружающую среду и положения о максимальном уплотнении массы осадка с одновременной изоляцией частиц водонепроницаемыми пленками, этим требованиям наиболее полно удовлетворяет асфальтобетон при производстве укладки дорожных одежд (покрытий). Технология приготовления асфальтобетонной смеси традиционные (рисунок 2). Его экономическая эффективность заключается в снижении стоимости 1 м<sup>3</sup> асфальтобетона на 4-6% за счёт замены минерального порошка осадком сточных вод. Экологическая эффективность утилизации в 1 м<sup>3</sup> асфальтобетона до 20 кг сухого осадка и снижение платы за размещение отходов. Наблюдения в течение 6 лет подтвердили высокое качество покрытия.

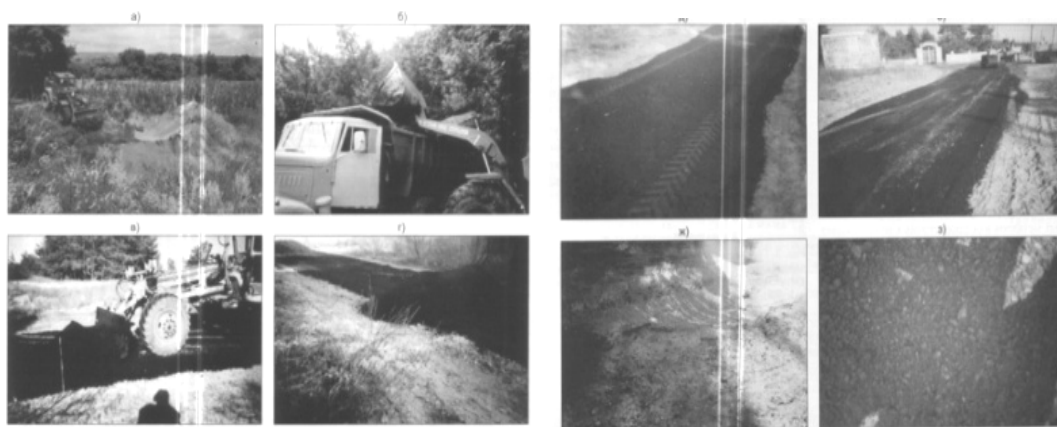


Рисунок 2 – приготовления асфальтобетонной смеси

Другая область применения осадков – производство строительной керамики. Это модификация способа сжигания осадков, в котором устраняется проблема дальнейшей утилизации золы путём её спекания и формовки строительного камня. Тяжёлые металлы в процессе высокотемпературного обжига остекловываются, что делает кирпич экологически чистым и безопасным материалом, происходит снижение температуры обжига на 50–100 °С. Получаемый кирпич на 5-10 % дешевле традиционного.

Регулируя количество добавки осадка и качество сырьевой смеси, можно получать различные виды строительной керамики с заданными полезными свойствами. Перспективным является получение керамзита, который используется как в строительстве, так и в самих технологиях очистки воды и газа. В экологическом отношении технология позволяет утилизировать 30–40 % (теоретически до 80 %) осадков сточных вод.

#### Библиографический список

1. Павлинова И. И. Технологические решения по эффективной обработке осадка с получением энергии//Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. - №5.- С. 58-62.
2. Похил Ю. Н., Багаев Ю. Г., Иванов Н. А. и др. Инновационная тех-

нология обезвоживания осадков сточных вод на иловых площадках// Водоснабжение и санитарная техника.- 2011. - №4.- С. 58-61.

3. Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод : учеб.пособие Ч. 1. / А.М. Благоразумова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: СибГИУ, 2010.- 139 с.

4. Дрозд Г. Я., Бизирка И. И. Вовлечение депонированных осадков сточных вод в хозяйственный оборот//Водоснабжение и санитарная техника. - 2011. - №4.- С. 11-17.

УДК 622.6

## **ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПОСЕЛКА КОТТЕДЖНОГО ТИПА**

**Дружинина М.К.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Благоразумова А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассмотрена система водоотведения и очистки сточных вод поселка коттеджного типа с применением полиэтиленовых труб и колодцев, компактных очистных сооружений и технологией УФ-обеззараживания сточных вод.

Ключевые слова: коттеджный поселок, полиэтиленовые колодцы, полиэтиленовые трубы, УФ-обеззараживание.

Одно из направлений гражданского строительства в Кемеровской области – развитие малоэтажной застройки, создание коттеджных поселков. Для обеспечения комфортной жизни в таких населенных пунктах необходимо создавать развитую инфраструктуру, в частности, решать вопрос водоотведения и очистки сточных вод.

Для типового коттеджа в соответствии с планом здания были запроектированы внутридомовые сети водоснабжения и канализации из пластмассовых труб.

Для отведения сточных вод поселка используются полная раздельная система водоотведения с трассировкой по пониженной грани. Применяются двухслойные полиэтиленовые трубы «КОРСИС» для безнапорной канализации. Полиэтилен обладает оптимальным сочетанием физико-химических свойств: высокая химическая стойкость, морозостойкость, вязкость, долговечность, способность к самокомпенсации внутренних напряжений.

В проекте применяются герметичные полиэтиленовые колодцы фирмы «Полипластик» (рисунок 1). Такие колодцы обладают рядом преимуществ, такие как: герметичность, длительный срок службы, легкость конструкции, простота монтажа и эксплуатации.

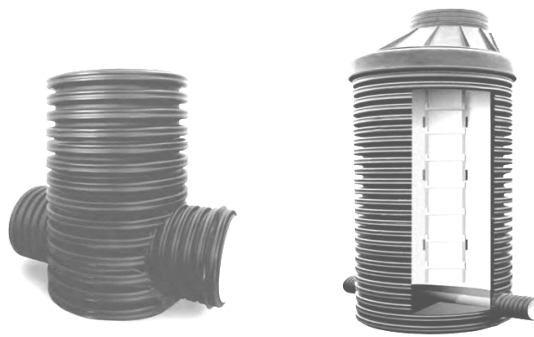


Рисунок 1 – Полиэтиленовые колодцы фирмы «Полипластик»

Колодцы оснащаются полимерными смотровыми люками. Полимерные смотровые люки – современное инновационное решение в общегражданском и частном строительстве. Такие люки уже получили применение в Кузбассе, в частности, в г. Кемерово.

Для перекачки сточных вод на очистные сооружения используется главная канализационная насосная станция. Были подобраны вертикальные насосы фирмы «Grundfos» марки S1. Установлено 2 рабочих насоса и 2 резервных.

Выбор состава очистных сооружений производится по следующим показателям:

Максимально суточный расход : 1606,18 м<sup>3</sup>/сут;

Концентрация загрязнений по взвешенным: 232,14 мг/л;

$C_{\text{NH}_4} = 28,57$  мг/л;

$C_{\text{P}_2\text{O}_5} = 11,79$  мг/л.

Допустимые концентрации на выпуске в водоем приняты равными ПДК в расчетном створе.

Для рационального выбора способа очистки сточных вод, а, следовательно, и состава очистных сооружений, было рассмотрено два варианта.

В первом варианте используются горизонтальные отстойники, объединенные в блок ёмкостей с аэротенками, вторичными отстойниками и сооружениями для стабилизации осадка.

Во втором варианте используются вертикальные отстойники, и все сооружения строятся раздельно.

Т.к. эффект очистки у горизонтальных отстойников выше, а так же из-за возможности объединения нескольких сооружений в блок, было принято решение в пользу первого варианта с блоком емкостей.

Использование компактных очистных сооружений позволяет сократить площадь занимаемых земель и стоимость строительства, уменьшить количество обслуживающего персонала и упростить процесс эксплуатации очистных сооружений.

Сточная вода подается в приемную камеру очистных сооружений. Далее вода поступает на механические ступенчатые решетки фирмы «Риотек» с прозорами 2,1 мм. С их помощью из потока извлекаются крупные включения и различные волокнистые отходы, что позволяет производить дальнейшую водоочистку более эффективно и приводит к уменьшению затрат на ремонт

оборудования, установленного за РС в технологической линии дальнейшей очистки сточных вод.

Для задержания песка используются горизонтальные песколовки с круговым движением воды. Горизонтальные песколовки с круговым движением воды экономичны и надежны в работе. Эффективность их работы выше, чем обычных горизонтальных песколовок, что объясняется вращательным движением сточной жидкости в плоскости движения потока, вызываемого круговым движением сточной воды в плане. Песколовки состоят из двух секций диаметром 4м каждая. Песчаная пульпа с песколовок отводится при помощи гидроэлеватора на песковые площадки.

Основное сооружение механической очистки – горизонтальные отстойники – входят в состав блока емкостей. Обеспечивают эффект очистки по взвешенным веществам 60%, по БПК<sub>20</sub> – 15%.

В качестве сооружений биологической очистки используются двухкоридорные аэротенки-вытеснители с регенерацией активного ила, так же входящие в состав блока емкостей. В аэротенке предусмотрена аэрация сточной воды, необходимая для снабжения аэробных микроорганизмов кислородом, перемешивания сточной воды с активным илом, отдувки газов из сточной воды. Для аэрации сточных вод используются мелкопузырчатые аэраторы фирмы «ЭКОТОН» с воздушной прослойкой. Воздух для аэрации подается при помощи турбовоздуходувки, расположенной в насосно-воздуходувной станции.

Для разделения иловой смеси на активный ил и сточную воду используются вторичные горизонтальные отстойники, входящие в блок емкостей.

После биологической очистки концентрации загрязнений превышают допустимые значения для выпуска в водоем, поэтому была предусмотрена доочистка стоков в биореакторе. Для удаления соединений азота и фосфора биореактор оборудуется биоблоками «Полипортер» фирмы «Этек». Для того, чтобы избежать создание поддерживающего слоя и интенсифицировать работу биореактора, в качестве дренажной системы используется дренажно-распределительная система фирмы «ЭКОТОН» (турбофильтры).

Для обеззараживания в проекте применяются установки для УФ-обеззараживания НПФ «Лит» серии УДВ-Н.

Обработка осадка заключается в аэробной стабилизации смеси активного ила и сырого осадка первичных отстойников в аэробном стабилизаторе, входящим в блок емкостей.

В настоящее время существует тенденция рационального использования земельных площадей, поэтому при проектировании новых очистных сооружений все чаще отказываются от обезвоживания осадка в естественных условиях на иловых площадках в пользу механического обезвоживания осадка в центрифугах и на другом оборудовании. Для обезвоживания осадка принята 1 рабочая центрифуга типа ОГШ-352 К-03. Помимо сокращения занимаемой площади (в сравнении с обезвоживанием осадков на иловых площадках), достоинствами центрифугирования являются простота, экономичность и управляемость процессом. После обезвоживания на центрифугах получа-

ются осадки низкой влажности. Фугат, полученный в процессе центрифугирования осадка, направляется в аэробные минерализаторы.

Далее обезвоженный осадок направляется на компостные площадки, где подвергается биотермической обработке. На аварийный случай в цехе механического обезвоживания так же были запроектированы резервные иловые площадки

Для сброса очищенных сточных вод в водоем используется береговой выпуск.

Было произведено технико-экономическое сравнение двух вариантов очистных сооружений, рассмотрена технология строительства главной канализационной насосной станции, а так же мероприятия по обеспечению техники безопасности на очистных сооружениях.

#### Библиографический список

1. «Конструкции безнапорных трубопроводов хозяйственно-бытовой и дождевой канализации с применением гофрированных труб из полиэтилена «КОРСИС»». Материалы для проектирования. Полипластик, М. 2013 г.

2. «Система полиэтиленовых колодцев». Материалы для проектирования. Полипластик, М. 2013 г.

3. «Справочник монтажника» под.ред. Олесова, М. Стройиздат, 1980г.

4. «Организация, планирование и экономика строительства» : метод. пособие по выполнению дипломного проекта.

5. <http://ru.grundfos.com/>.

6. <http://www.etek.ru/>.

7. <http://www.lit-uv.com/ru/>.

8. <http://www.riotek.spb.ru/>.

9. <http://www.ekoton.com/>.

УДК 628

## ПРИМЕНЕНИЕ ФЛОТАЦИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

**Бердюгин С.А.**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Благоразумова А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Данный проект посвящен теме очистке городских сточных вод и защите водных бассейнов от загрязнения с применением флотационных уплотнителей активного ила и ультрафиолетовое обеззараживание очищенных сточных вод.

Ключевые слова: очистка сточных вод; концентрации загрязнений; флотация; обеззараживание; обработка осадков.



В настоящее время проводятся мероприятия по комплексному и рациональному использованию водных ресурсов, но серьезное значение приобретает повышение степени очистки сточных вод.

Исходя из статистических данных, до установленных нормативов на очистных сооружениях очищается только 7 % городских сточных вод, 93% сбрасываются загрязненными, т.е. недостаточно очищенными. Дополнительные проблемы по очистке сточных вод создают промпредприятия, стоки которых сбрасываются в систему коммунальной канализации и поступают на коммунальные очистные сооружения. Нарушается технология очистки сточных вод, образующийся осадок содержит соли тяжелых металлов, ядовитые вещества, специфические химические соединения, которые исключают возможность использовать осадок в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Результатом являются миллионы тонн осадка, который скапливается вблизи городов.

Качество воды большинства водных объектов не отвечает нормативным требованиям. Многолетние гидрологические наблюдения за динамикой качества воды в реках обнаруживают тенденцию увеличения уровня загрязненности воды, содержание загрязняющих веществ в воде превышает предельно допустимые концентрации в 10 и более раз.

С целью оздоровления окружающей природной среды, улучшения качества воды водных объектов необходимо разрабатывать природоохранные мероприятия, направленные на строительство очистных сооружений сточных вод для их очистки и обеззараживания до нормативных показателей. Актуальность данной проблемы очевидна, т.к. у нас уже нет водоемов с чистой природной водой. Обеспечение необходимого санитарного состояния водоемов является важнейшим условием охраны окружающей природной среды.

На основании исходных данных по городу, промышленному предприятию и водоему произведен расчет сетей водоотведения: а именно принята полная раздельная система водоотведения с централизованной пересеченной схемой и трассировкой по пониженной грани. Определены расчетные расходы по участкам сети, выполнен гидравлический расчет сетей водоотведения, на основании которого построен продольный профиль сети.

Сточные воды главной насосной станции в количестве 63 тыс.м<sup>3</sup>/сут подаются в приемную камеру очистных сооружений. Определены концентрации загрязнений сточных вод поступающих на очистку, которые составляют  $c_{\text{BПК5}}=164,45$  мг/л,  $c_{\text{ХПК}}=188,5$  мг/л,  $c_{\text{NH}_4}=20,14$  мг/л,  $c_{\text{Pb}}=8,33$  мг/л и допустимые концентрации на выпуске в водоем. Разработаны очистные сооружения по 3 ух ступенчатой схеме очистки. На основании расхода и концентраций загрязнений принята технологическая схема очистных сооружений по двум вариантам.

Состав сооружений по первому варианту – механическая очистка на: решетках, песколовках, первичных отстойниках, биологическая на: аэротен-

ках и вторичных отстойниках, глубокая на: КЗФ, обеззараживание на: озонаторной станции.

Второй вариант отличается устройством аэротенков с флотационным разделением иловой смеси каркасно-засыпными фильтрами со встроенными биоблоками и ультрафиолетовым обеззараживанием.

К детальной разработке принят 2ой вариант, по которому стоки поступают в приемную камеру, для гашения скорости, далее на решетки Экотон с прозорами 5мм, далее песколовки, для задержания минеральных примесей, исходя из расхода были подобраны горизонтальные песколовки с круговым движением воды, песковая пульпа, гидроэлеватором подается на песковые площадки для обезвоживания, после песколовок установлено водоизмерительное устройство, в данном варианте приняты лотки Вентури.

Установлены первичные отстойники, которые необходимы для удаления плавающих и взвешенных частиц. По максимальному суточному расходу и с учетом необходимой степени очистки были приняты радиальные отстойники, диаметром 30м. После механической очистки сточные воды поступают на биологическую очистку.

Приняты типовые четырёх - коридорные аэротенки вытеснители с регенерацией активного ила, так как поступающая концентрация загрязнений превышает 150 мг/л. Вместо вторичных отстойников для разделения иловой смеси из аэротенков приняты аэротенки с флотационным разделением иловой смеси. Преимущества этой схемы заключается в том, что значительно сокращается объём сооружений и сфлотированный ил имеет влажность 97%, а так же в пенном концентрате происходит задержка не только грубо - дисперсных примесей, но и некоторых растворенных органических веществ и ионов. Так же на аэротенках предусмотрена система постоянной аэрации, для поддержания жизнедеятельности активного ила. После аэротенков с флотационным разделением иловой смеси стоки поступают на КЗФ. Эти фильтры являются наиболее эффективными, т. к. используют принцип фильтрации в направлении убывающей крупности загрузки.

Для снижения концентраций загрязнений по соединениям азота и фосфора, в фильтры установлена объемная биозагрузка “Контур” фирмы “Этек”, она увеличивает производительность станции, повышает эффективность очистки по всем показателям за счет наращивания высокой дозы ила, повышает устойчивость сооружений к высокой неравномерности поступления сточных вод, колебаниям органических нагрузок, а также улучшает очистку по трудно окисляемым органическим соединениям.

В качестве обеззараживания принято ультрафиолетовое излучение, в специальных установках закрытого типа. В отличие от хлорирования и озонирования после воздействия УФ в воде не образуются вредные хлор - органические соединения даже в случае многократного превышения требуемой

дозы. Так же этот процесс автоматизирован и с площадки очистных сооружений убирается опасный объект – хлорное хозяйство.

В завершении технологической схемы в данном случае целесообразней принять береговой выпуск, как наиболее дешевый вариант и по той причине, что принята высокая степень очистки, концентрация загрязненных веществ на выпуске принимает значения ПДК.

Для обработки и обезвоживания осадков приняты метантенки с мезофильным режимом сбраживания в которые направляется сырой осадок первичных отстойников и сфлотированный избыточный ил. Сброженный осадок поступает на фильтр - прессы. Кек после фильтр прессов направляют на компостирование на компостные площадки.

На случай аварийного режима в цехе механического обезвоживания приняты иловые площадки.

Так же в дипломном проекте разработаны разделы: безопасность и экологичность проекта - в котором проанализированы условия труда на очистных сооружениях, разработаны мероприятия по безопасности труда, производственной санитарии и чрезвычайным ситуациям. раздел управление качеством и раздел экономика, в котором произведено сравнение вариантов. Результаты расчета показали, что очистка одного кубометра воды составляет в первом варианте 4,27, во втором варианте 4,01, стоимость капитальных вложений составляют: для первого варианта - 443 миллиона, для второго варианта – 465 миллионов.

В данном проекте были запроектированы очистные сооружения города с применением новых технологий аэрации, доочистки и обеззараживания. С учетом всех требований очистки, внедрения управления качеством и экологической безопасности позволит бережно использовать имеющиеся у нас ресурсы, как природные так и ресурсы связанные с техникой и технологией оптимально и безопасно производить очистку на протяжении долгого времени, потому что данные сооружения были запроектированы на “перспективу” развития и ужесточения требований очистки.

Некоторые элементы и сооружения в данном проекте не являются экономически оправданными, так как был сделан упор на экологическую безопасность водоемов и окружающих земель, ведь с каждым годом вопрос экологии и безопасности становится острее и все чаще приходится принимать положительные решения по улучшению экологии, вариантов, имеющих более высокую стоимость капитальных вложений на строительство.

## ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Бегар И.С.

Научный руководитель: доцент Ворон Л.В.

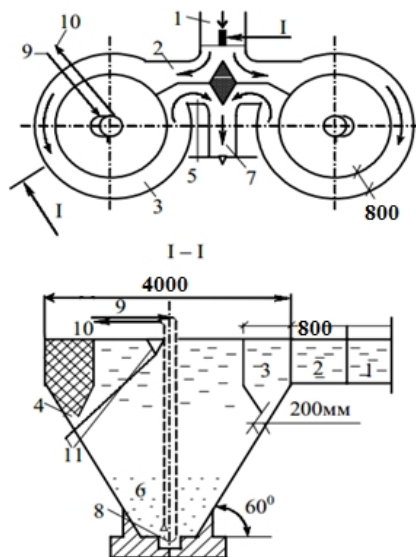
*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья посвящена методам электрообработки сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, нефтесодержащие стоки.

Нефтесодержащие сточные воды образуются в производственных цехах машиностроительного завода, главным образом на испытательных станциях, и отводятся на очистные сооружения нефтесодержащих сточных вод. Содержание взвешенных веществ в поступающих стоках 563мг/л, нефтепродуктов – 200мг/л.

Нефтесодержащие стоки с завода поступают в приемный резервуар для сглаживания потока сточных вод и улавливания крупных отбросов. После чего они отводятся в приемный резервуар нефтесточков в насосной станции. Далее сточные воды подаются насосами в камеру гашения напора перед песколовкой для равномерного распределения сточных вод по песколовкам и сглаживания потока сточных вод.

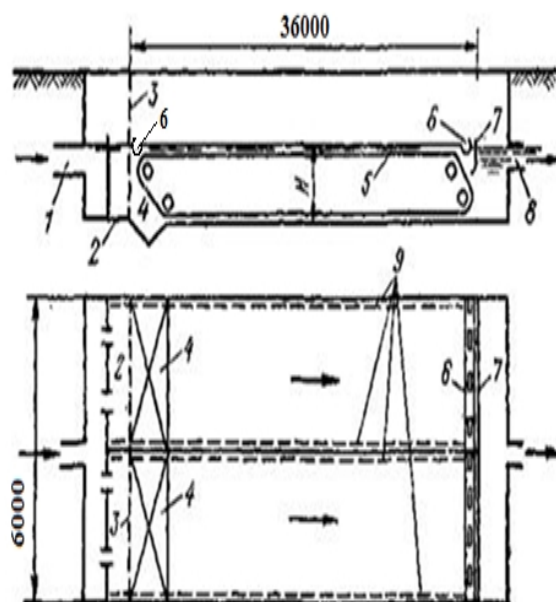


1 – сточные воды после решеток; 2 – канал к песколовке; 3 – круговой желоб; 4 – щель, через которую оседает песок, ширина 200 мм; 5 – отводной лоток очищенной воды; 6 – бункер песка; 7 – отводной канал двух песколовок к отстойнику; 8 – гидроэлеватор; 9 – подача технической воды насосом; 10 – отвод песковой пульпы на обезвоживание; 11 – воронка и трубопровод для отведения всплывающих веществ.

Рисунок 1 -Горизонтальная песколовка с круговым движением воды

Применяется горизонтальная песколовка с круговым движением воды для эффективного удаления грубодисперсных примесей из сточных вод. Эффект очистки в песколовке по взвешенным веществам составляет 20%, по нефтепродуктам – 10 %. Горизонтальная песколовка представлена на рисунке 1. Осадок из песколовки периодически удаляется гидроэлеватором в бак для пульпы, а затем подается насосом для обезвоживания в гидроциклон. Обезвоженный осадок 60 % влажности вывозится автотранспортом. Всплывшие нефтепродукты отводятся в приемный резервуар нефтепродуктов в насосной станции. Время пребывания сточных вод в песколовке составляет 30-60 с.

После песколовки сточные воды поступают в самотечном режиме в двухсекционную нефтеловушку, где происходит, в процессе отстаивания, осаждения механических примесей и всплытие нефтепродуктов. Отстаивание в нефтеловушке продолжается в течении 1,5 часов. Схема нефтеловушки представлена на рисунке 2.

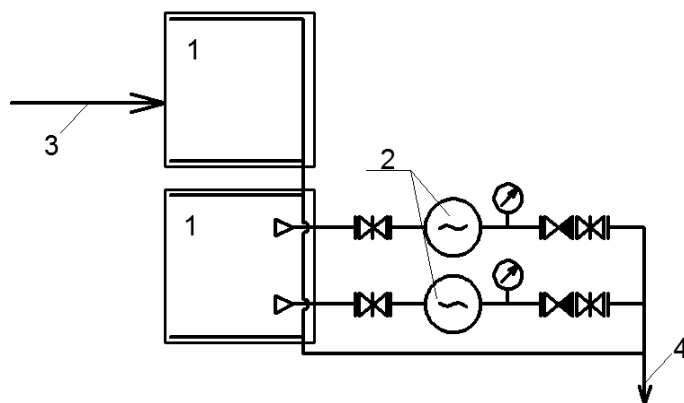


- 1 – подводящий трубопровод; 2 – входная камера; 3 – распределительная стенка; 4 – приямок осадка; 5 – скребковый механизм; 6 – нефтесборная щелевая поворотная труба; 7 – нефтеудерживающая стенка; 8 – отводящий трубопровод; 9 – подогреватель.

Рисунок 2 - Схема нефтеловушки

Всплывшие примеси нефти и нефтепродуктов постоянно удаляются щелевой поворотной трубой в приемный резервуар нефтепродуктов в насосной станции. Выпадающий осадок перемещается скребковым механизмом к приямку, откуда через 2-4 часа удаляется насосом на уплотнение и обезвоживание. Эффект очистки сточных вод в нефтеловушке по нефтепродуктам составляет 95 %, по взвешенным веществам – 91 %.

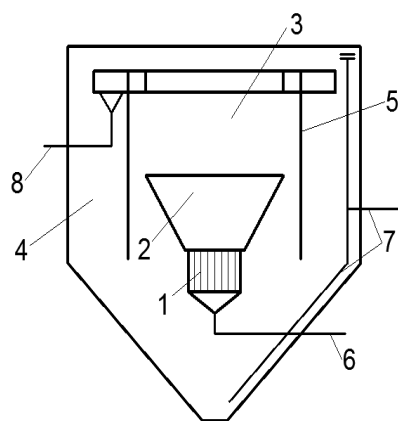
После первой ступени очистки, сточные воды поступают в регулирующие резервуары для сглаживания неравномерности потока, после чего сточные воды равномерно подаются насосами в электрокоагуляторы. Схема регулирующего резервуара представлена на рисунке 3.



1 – регулирующий резервуар; 2 – насос; 3 – трубопровод нефтесодержащих стоков после нефтеловушки; 4 – трубопровод, подающий сточные воды в электрокоагулятор

Рисунок 3 - Схема регулирующих резервуаров

Применяется электрокоагулятор с алюминиевыми электродами, что позволяет отказаться от реагентного хозяйства и улучшить качество очистки сточных вод. Электрокоагулятор представляет собой вертикальный отстойник со встроенной в него электродной камерой и камерой коагуляции-флотации. Электродная камера выполнена прямоугольной формой и заполнена алюминиевыми пластинами. В электрокоагуляторе одновременно происходит процесс электрокоагуляции и электрофлотации. Схема электрокоагулятора представлена на рисунке 4.



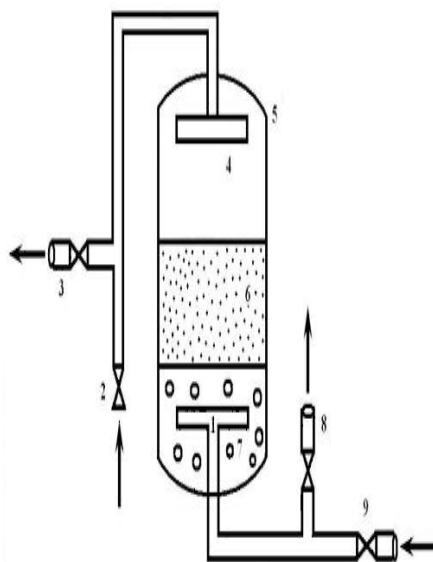
1 – электродные алюминиевые блоки; 2 – распределительный конус; 3 – камера коагуляции; 4 – кольцевое сечение; 5 – распределительная перегородка; 6 – трубопровод подачи нефтесодержащих сточных вод; 7 – трубопровод для сбора осадка; 8 – трубопровод для сбора нефтепродуктов.

Рисунок 4 -Схема электрокоагулятора

Сточные воды при прохождении в межэлектродном пространстве подвергаются коагуляции гидроокисями алюминия, насыщаются пузырьками газа, которые увлекают на поверхность воды нефтепродукты. Всплывшие нефтепродукты периодически отводятся из камеры коагуляции-флотации через кольцевой лоток в приемный резервуар нефтепродуктов в насосной станции. Осадок периодически удаляется насосами на уплотнение и обезвоживание. Время пребывания сточных вод в электрокоагуляторе составляет 2,5 часа. Эффект очистки по взвешенным веществам равен 94 %, по нефтепродукта – 90 %.

Осадок от нефтеловушки и электрокоагулятора, влажностью 98 %, подается насосами в осадкоуплотнитель прямоугольной формы, где он уплотняется до влажности 96 %. Уплотненный осадок подается на обезвоживание в центрифуги. Обезвоженный осадок 70 % влажности вывозится автотранспортом на очистные сооружения бытовых стоков, где используется в качестве промежуточного слоя при компостировании. Отстоянная вода из осадкоуплотнителя, фильтрат от гидроциклона и фугат от центрифуги отводятся в голову очистных сооружений.

Для организации замкнутого водоснабжения предприятия и использования очищенных нефтесодержащих стоков в качестве свежей воды, сточные воды подаются на напорные фильтры для фильтрации с загрузкой из горелых пород крупностью 10-20 мм. После доочистки сточных вод содержание взвешенных веществ в стоках составляет 0,49 мг/л, нефтепродуктов – 0,09 мг/л. Схема напорного фильтра представлена на рисунке 5.



- 1 – дренажная система; 2 – подающий трубопровод; 3 – трубопровод отвода промывной воды; 4 – водораспределительная система; 5 – корпус напорного фильтра; 6 – загрузка фильтра (горелые породы); 7 – поддерживающие слои; 8 – трубопровод отвода очищенных стоков; 9 – трубопровод подачи промывной воды

Рисунок 5 - Схема напорного фильтра

## Библиографический список

1. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; Под ред. С.В. Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с., ил..
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / под ред В. Н. Самохина. – Изд. 2-е. - М.: Стройиздат, 1981.- 639с.: ил..
3. Яковлев С. В. Канализация/ Яковлев С. В., Карелин Я. А., и др. -М.: Стройиздат, 1975.-632с.: ил..

УДК 628.3

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ

**Сапрыкин И.С.**

**Научный руководитель: доцент Ворон Л.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассмотрены методы электрообработки сточных вод, а также их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: сточные воды, метод, технология.

Методы электрообработки сточных вод достаточно разнообразны. Для очистки сточных вод от различных растворимых и диспергированных примесей применяют процессы электродиализа, электрокоагуляции и электрофлотации.

Все они основаны на том, что твердые частицы или капельки дисперсной фазы ведут себя как заряженные микрообъекты, поэтому по законам электростатики в постоянном электрическом поле они будут совершать движение, которым можно управлять. Таким образом, можно концентрировать частицы у электрода, вызывать их укрупнение, ускорять седиментацию частиц и отделять их от жидкости.

Электроочистные сооружения достаточно компактны и эффективны, хорошо поддаются автоматизации и могут компоноваться с другими методами и оборудованием.

Одним из методов электрообработки воды, позволяющим снизить содержание ионов солей, является электродиализ. Электродиализ – это процесс непрерывной сепарации ионов солей, осуществляемый в многокамерном мембранном аппарате (электродиализаторе) под действием постоянного тока, направленного перпендикулярно плоскости мембран.



Процесс очистки сточных вод в данном случае основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Мембраны используются неактивные (пористые) и активные (ионообменные).

Простейший электродиализатор (рисунок 1) – это аппарат, разделенный мембранами на три камеры. В среднюю камеру, называемую солевой, запускают рабочий раствор, а в приэлектродных пространствах находятся водные камеры. При прохождении электрического тока ионы начинают направленное движение к соответствующим электродам. При этом на аноде будет выделяться газообразный кислород и образовываться кислота. На катоде же выделяется газообразный водород и образуется щелочь.

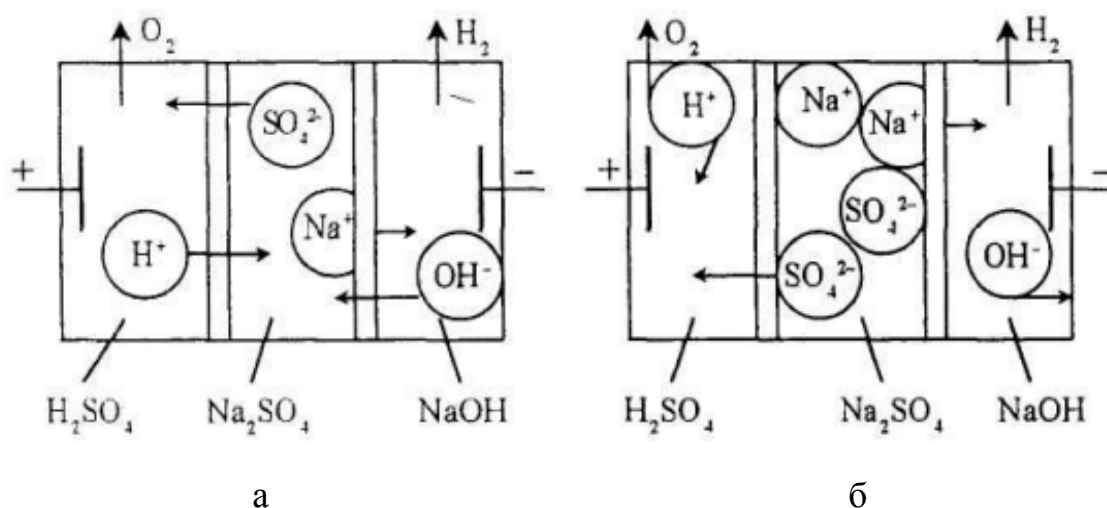


Рисунок 1 – Схема электродиализаторов с пористыми (а) и ионитовыми (б) мембранами

Концентрация соли в солевой камере будет постоянно убывать, но по мере увеличения кислотности и щелочности все большую роль будет играть переход через мембраны ионов  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$  (рисунок 1, а), на который расходуется определенная часть электричества. Для избегания этого процесса используются ионообменные мембраны (рисунок 1, б). В данном случае выход по току в четыре раза выше, чем при использовании пористых мембран, и составляет 90 %.

Из электрохимических методов очистки сточных вод наибольшее распространение получил электрокоагуляционный метод, применяемый для очистки сточных вод от взвешенных частиц и коллоидно-дисперсных систем, ионов цветных металлов. Электрокоагуляция может осуществляться с применением как растворимых, так и нерастворимых анодов.

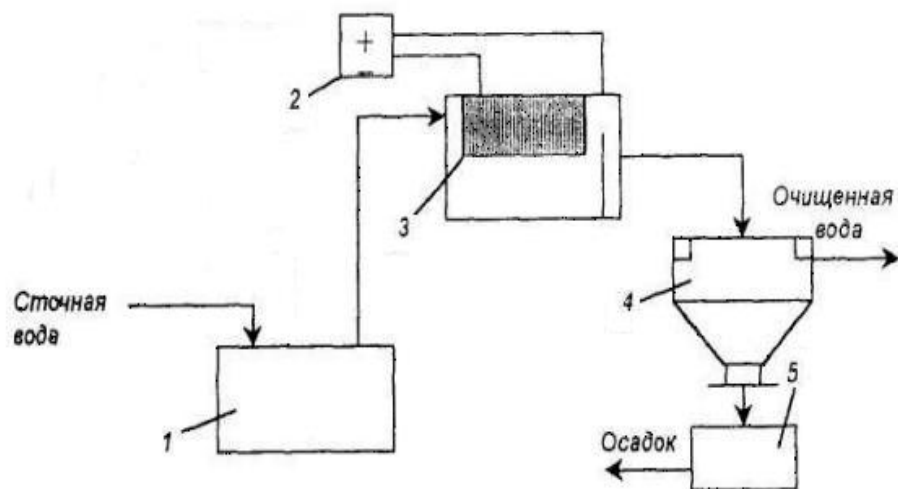
При электрокоагуляции сточных вод с использованием растворимых анодов из листовой стали или алюминия вода обогащается соответствующими ионами, которые затем образуют гидроксиды этих металлов. На поверхности хлопьев гидроксида алюминия (железа) происходит сорбция ионов и молекулярно растворенных, эмульгированных веществ, как при обработке воды соответствующими солями металлов. Однако, в отличие от применения

солевых коагулянтов, при электрокоагуляции вода не обогащается сульфат- и хлорид-ионами.

Одни из основных недостатков этого метода – высокий расход металла и электроэнергии. Для растворения 1 г алюминия требуется минимум 12 Вт час энергии, а для извлечения 1 кг примесей необходимо 10 гидроксиды алюминия. К тому же с течением времени увеличивается пассивация электродов, которая приводит к дополнительным потерям электроэнергии.

В последнее время распространение получила технология предварительной электрогенерации коагулянта с последующим смешением с основным объемом сточных вод. За счет отдельного приготовления коагулянта снижается расход электроэнергии, также в этом случае гораздо легче регулировать параметры рабочего раствора, чем параметры производственного стока.

При использовании нерастворимых анодов образование центров коагуляции происходит за счет электрохимических превращений имеющихся в сточных водах примесных ионов. В данном случае не расходуется алюминий или железо, следовательно, уменьшается количество шламов, помимо этого отсутствует пассивация электродов.



1 – усреднитель; 2 – источник тока; 3 – электрокоагулятор;  
4 – отстойник; 5 – аппарат для обезвоживания осадка

Рисунок 2 – Схема электрокоагуляционной установки

К достоинствам метода электрокоагуляции можно отнести компактность и простота обслуживания установок, высокое качество очистки, исключение реагентного вмешательства, предотвращающее дополнительное солевое загрязнение.

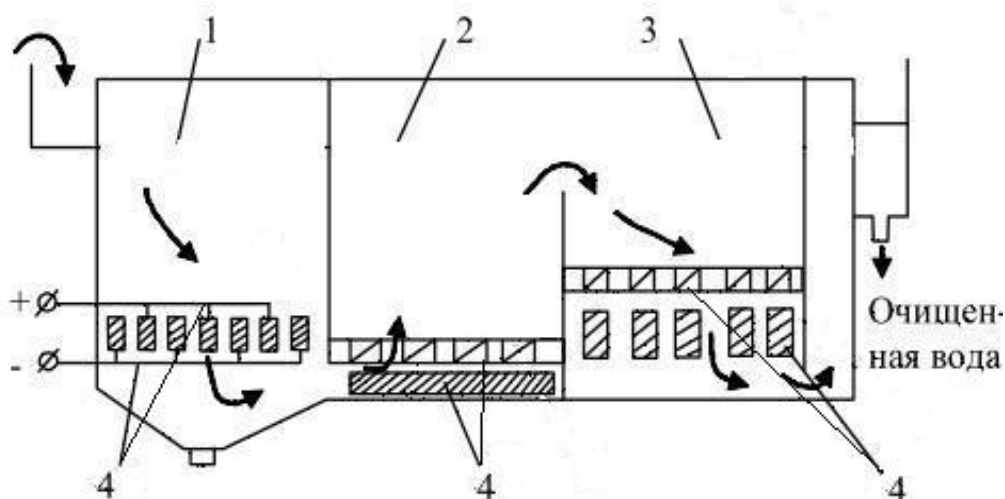
Суть электрофлотации заключается в переносе частиц загрязнений из жидкости на поверхность раздела фаз пузырьками газообразного водорода, образующимися на электродах при пропускании через раствор электрического тока. Пузырьки постепенно растут на поверхности электродов и при достижении определенного размера отрываются. При всплытии они сталкива-

ются с частицами загрязнений и за счет действия молекулярных и электростатических сил, способствующих их слиянию, транспортируются на поверхность раствора. Присутствующие в растворе примеси, обладающие поверхностно-активными свойствами, будут способствовать образованию флотоактивных комплексов и поверхностно-пенового слоя.

Электрофлотация позволяет удалять из сточных вод примеси, находящиеся в растворенном состоянии, в эмульгированном и суспензированном виде, взвешенные вещества и коллоидные частицы.

Эффективность электрофлотации во многом зависит от числа и крупности пузырьков газа. Размер пузырьков водорода значительно меньше, чем при других способах флотации. Диаметр пузырьков может меняться от 20 до 100 мкм. Более мелкие пузырьки обладают большей растворимостью. К тому же они выделяются прямо на поверхности загрязнений и тем самым способствуют эффекту флотации. Обычно, чем больше насыщение раствора пузырьками, тем выше скорость флотации, но до определенного предела. Увеличение плотности тока будет увеличивать поток пузырьков, и они начнут отрываться от частиц примесей.

Часто при проведении электрофлотации используют предварительное введение в сточные воды коагулянтов. За счет этого эффективность флотации существенно повышается. Для этого организуется предварительная секция электрокоагуляции, где происходит растворение анода и образование гидроксидных структур. Во второй секции протекает основной процесс электрофлотации за счет пузырьков газов, образующихся на графитовых электродах. Возможно устройство третьей секции, обеспечивающей дополнительное обеззараживание сточных вод. В ней увеличена поверхность контакта электродов с водой и увеличивается количество образующихся пузырьков кислорода, которые выполняют функцию окислителя.



1 – секция электрокоагуляции; 2 – секция электрофлотации;  
3 – секция обеззараживания; 4 – электроды

Рисунок 3 – Схема электрофлотокоагуляционной установки

К достоинствам метода электрофлотокоагуляции можно отнести компактность установок и простоту управления, отсутствие потребности в реагентах, возможность регулирования степени очистки стоков в зависимости от фазово-дисперсного состояния примесей, получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами и одновременное обеззараживание шахтных вод.

#### Библиографический список

1. Методы очистки промышленных сточных вод: учебное пособие/ Василенко Л.В., Никифоров А.Ф., Лобухина Т.В.; УГЛТУ.- Екатеринбург, 2009. – 174 с.

2. Современные методы очистки воды: учебное пособие / Ивлева А.М., Образцов С.В., Орлов А.А.; ТПУ. – Томск, 2010.- 78 с.

3. Теоретические основы физико-химических процессов очистки воды: учебное пособие / Никифоров А.Ф., Первова И.Г., Липунов И.Н., Василенко Л.В.; УГЛТУ, УГТУ-УПИ.- Екатеринбург, 2008.- 168 с.

Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б.Е. Рябчиков – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.

## V. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004.9

### ПЕРСПЕКТИВЫ OPEN JOURNAL SYSTEMS – ON-LINE СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И ПУБЛИКАЦИИ ЖУРНАЛОВ

**Тарасов А.О.**

**Научный руководитель: д.т.н., доцент Коновалов С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, silicum94@mail.ru*

Дана оценка Open Journal Systems. Рассмотрена география исследования Open Journal Systems. Описаны преимущества Open Journal Systems. программное обеспечение может изменить область коммуникации, поскольку OJS, кажется, создал третий путь, посвященный увеличению доступа к исследованию.

Ключевые слова: Open Journal Systems, система, управление сетевыми журналами.

Open Journal Systems (OJS) – это система для управления и публикации журналов, которая была разработана «Public Knowledge Project» и финансируется из федерального бюджета (США) по улучшению доступа к научным исследованиям [1].

Программное обеспечение было развито как часть программы исследований университета Британской Колумбии (UBC) в Ванкувере под руководством Д.Виллинского, с последующим участием университета С.Фрейзера (канадский центр исследований публикации) и Стэнфордского университета. OJS был первоначально запрограммирован студентами, изучающими информатику в UBC, во главе с К.Джэмисоном, на грант на проведение исследований Совета по гуманитарным исследованиям Канады, которые стремились помочь журналам в части их печати онлайн [2].

OJS была разработана для управления технологическим процессом журнала, от подачи рукописи до обзора и редакционной работы, а затем публикации, предлагая готовое средство публикации выпуска онлайн и лучшего управления эксплуатационными расходами журнала.

Почему OJS?

- OJS устанавливается локально и локально управляется;
- Редакторы настраивают требования, секции, процесс рассмотрения и т.д.;
- Отображение и управление содержимым доступно через интернет;
- Содержится модуль подписки на доступ к содержимому;
- Существует полная индексация содержимого системы;
- Доступно уведомления по почте и система комментариев для читателей.

Преимущества для автора:

- Возможность подать статью в редакцию удаленно;
- Отслеживание всех этапов обработки статьи;
- Возможность оперативной публикации в сети Internet;
- Индексация метаданных статьи поисковыми системами и Google Академией, в частности;
- Автоматическое генерирование ссылки на статью, опубликованную в изданиях, расположенных на OJS.

#### Библиографический список

1. <http://www.folium.ru/ru/ekf/index.php>
2. Office of Science Information Service (OSIS). Characteristics of scientific journals 1949-1959. NSF Publication No. 64-20.

УДК 681.518

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Гончарова Н.В.**

**Научный руководитель: к.т.н. Грачев В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассмотрены этапы проектирования информационно-управляющей системы современного предприятия.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, стандарты, проектирование, жизненный цикл, модель, информационный поток.

При проектировании информационно-управляющей системы (ИУС) современного предприятия должны выполняться требования по производительности, надежности, безопасности и совместимости с другими системами [1]. К такому рода ИУС к информации предъявляются особые требования. Она должна быть полной для каждого звена системы управления, полезной и ценной, точной и достоверной, своевременной, актуальной и экономичной.

Целью данной научно-исследовательской работы (НИР) является изучение стандартов и особенностей проектирования ИУС современного предприятия.

В рамках исследования рассматривались, во-первых, модели жизненного цикла ИУС, во-вторых, стандарты проектирования ИУС (ГОСТ 34 и ISO 12207), в-третьих, изучались типовые структуры ИУС, в-четвертых, анализировались особенности построения информационных потоков в ИУС.

На первом этапе научно-исследовательской работы проведен анализ стандартов проектирования ИУС. Стандарты проектирования охватывают

все этапы жизненного цикла системы. К настоящему времени наибольшее распространение получили две основные модели жизненного цикла, на основе которых, строятся большинство стандартов проектирования ИУС [2]:

- каскадная модель;
- спиральная модель.

Каскадная модель (рисунок 1, а) предусматривает последовательную организацию работ. Спиральная модель (рисунок 1, б), в отличие от каскадной, предполагает итерационный процесс разработки информационной системы и более часто используются при создании программного обеспечения.

На втором этапе исследования были изучены стандарты проектирования ИУС стандарты проектирования ИУС, как международный стандарт ISO12207, так и комплекс стандартов ГОСТ 34 [2].

Стандарт ISO 12207 может служить примером хорошо организованного стандарта, содержащего минимум ограничений и конкретных рекомендаций.

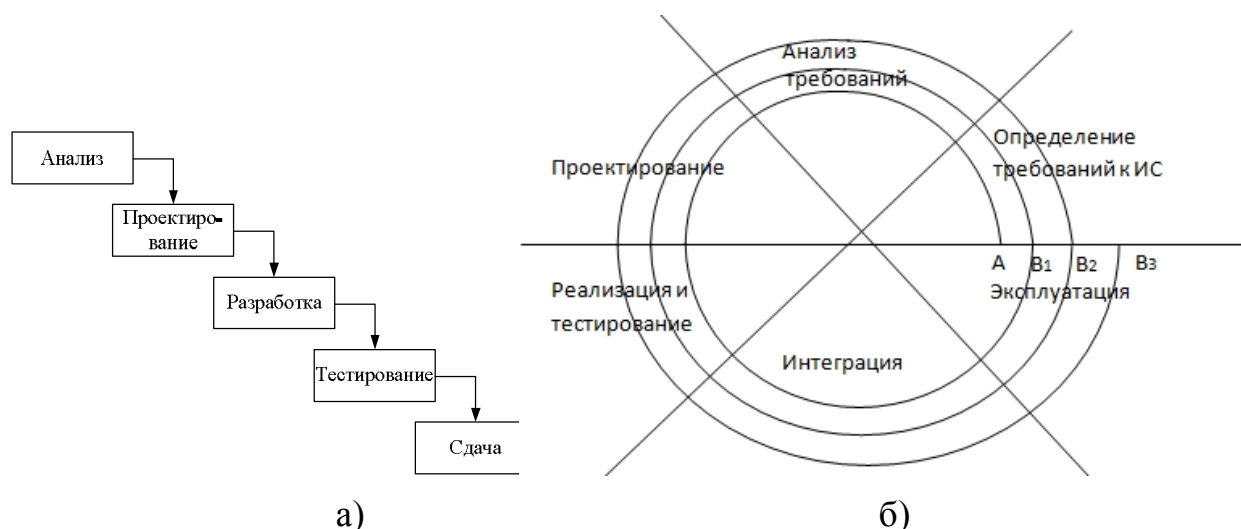


Рисунок 1 – Модели жизненного цикла: а) каскадная, б) спиральная

В отличие от международного стандарта комплекс отечественных стандартов ГОСТ 34 достаточно полно и фундаментально определяет:

- систему как объект создания или развития;
- аналитические и при необходимости исследовательские работы, направленные на разработку обоснованной концепции автоматизированной системы;
- виды обеспечения системы.

Материалы ГОСТ 34 более четко, чем ISO 12207 определяют, что автоматизированная система – это в первую очередь люди, которые выполняют свои функции с помощью информационных технологий.

ГОСТ 34 благодаря своей комплексной ориентации на систему и обеспечению единой терминологии позволяет избежать ситуаций, в которых разработчики разных профессий «говорят на разных языках», от чего в итоге страдают цельность и глубина проработки проекта.

Проведя анализ данных стандартов можно сделать вывод, что ни один из них не является универсальным, описывающим все виды действий и задач, выполняемых в конкретных проектах. Такая ситуация неизбежна для любых достаточно конкретных стандартов и фирменных методик.

На третьем этапе изучались задачи организации физической и логической структуры ИУС.

В рамках выбора физической топологии сети ИУС рассматривались различные типовые топологии сетей.

Анализ показал, что на небольших предприятиях, как правило, уместна типовая топология: звезда, кольцо, общая шина. Для более крупных – характерна смешанная топология. Специфика топологии определяется в зависимости от особенностей предприятия.

На заключительном этапе анализировались особенности построения информационных потоков в ИУС, организация, так называемой логической топологии [3]. Целью анализа информационных потоков является выявление точек дублирования, избытка и недостатка информации, причин ее сбоя и задержек. Для построения графиков информационных потоков используют правила их составления и условные обозначения отдельных элементов.

Каждый информационный поток представляет собой единичное перемещение информации и имеет следующие признаки: документ; проблематику; исполнителя; периодичность.

В процессе анализа информационного потока было установлено, что его основными характеристиками являются: источник возникновения, направление движения, скорость передачи и приема, интенсивность потока.

На уровне предприятия целесообразно строить графики информационных потоков по отдельным проблемам, так как количество информационных потоков (связей) очень велико, поэтому трудно выявить единый алгоритм. На уровне отдельных цехов допускается построение общего графика информационных потоков по всем проблемам, так как здесь количество потоков (связей) не слишком велико, хотя возможно построение графиков по каждой проблеме.

В целом все графики информационных потоков имеют один существенный недостаток – это большое количество информационных связей, которые затрудняют их чтение и анализ, а ведь именно анализ информационных потоков и являлся целью составления графиков. Поэтому целесообразно разрабатывать графики, изображающие не статические связи между отделами, а поток документов, связанный с выполнением какой-то определенной рабочей задачи.

В заключение можно отметить, что не существует универсальной, формализованной методики проектирования ИУС современного предприятия. В каждом конкретном случае система создается «с нуля», основываясь лишь на опыте и интуиции разработчика, учитывающего особенности объекта. Требуется дальнейшее развитие и совершенствование методов проекти-



рования ИУС с учетом информации с уже реализованных объектов.

#### Библиографический список

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов./ Олифер В.Г., Олифер Н.А. 3-е изд. - СПб.: Издательство «Питер», 2006. – 958 с.
2. Петров В.Н. Информационные системы/ Петров В.Н. - СПб.: Издательство «Питер», 2003. – 688 с.
3. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия/ Гук М. – СПб.: Издательство «Питер», 2000. – 576 с.

УДК 004.42: 681.51

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Барагичев К.Е.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Ляховец М.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, proowler@gmail.com*

В статье рассмотрен процесс проектирования технологического комплекса в части взаимодействия технолога-проектировщика и проектировщика-автоматчика, а так же описано программное средство, призванное обеспечить их более плотное взаимодействие.

Ключевые слова: объектно-ориентированный язык программирования, проектирование, система управления, промышленный объект управления, моделирование, автоматизация.

Современный подход к проектированию и созданию сложных технологических комплексов диктует необходимость пересмотра традиционного подхода создания систем управления (СУ) путём осуществления совместного синтеза объектов управления и управляющих систем [1]. При этом тесное взаимодействие исследователя с проектировщиком позволяет на ранних стадиях разработки объекта управления вносить корректировки, создавая, например, производственный объект с переменной структурой, в котором изначально заложена возможность целенаправленного изменения своих свойств. Однако анализ современного рынка программных средств показал отсутствие программных продуктов, позволяющих предоставить удобное средство для совместного синтеза объектов управления и управляющих систем [2]. Таким образом, встаёт задача разработки соответствующего программного средства для комплексной автоматизации проектирования систем управления.

Первым этапом разработки комплексного программного средства является создание подсистемы моделирования объекта управления (ОУ), которая позволит проводить комплексное проектирование на уровне всего программно-технического комплекса (ПТК), представляя локальные технологические агрегаты в виде графических образов. Технолог-проектировщик, манипулируя этими графическими образами, сможет настраивать их взаимодействие друг с другом, оперативно внося изменения в технологическую схему. Данное программное средство разработано с использованием объектно-ориентированного языка высокого уровня Java. В основе архитектуры приложения лежит понятие типового звена, из совокупности которых можно составить любой агрегат, объект или систему управления, при этом типовые звенья являются внутренним (для программы) представлением элементов. Приложение позволяет «собрать» ОУ (или системы управления) из графических образов технологических агрегатов и проводить анализ такого ОУ (СУ).

Внешний вид приложения представлен на рисунке 1. В верхней части окна на поле схемы изображена схема объекта управления, состоящая из элементов технологической схемы и связей между ними. В нижней части окна сгруппированы оптимизируемые параметры (критерии управления), координаты оптимизации (изменяемые параметры регулятора) и кнопки запуска расчётов. Пользователь (технолог-проектировщик) составляет технологическую схему (объект управления) из графических образов технологических агрегатов и указывает агрегаты, по выходам которых требуется построить графики.

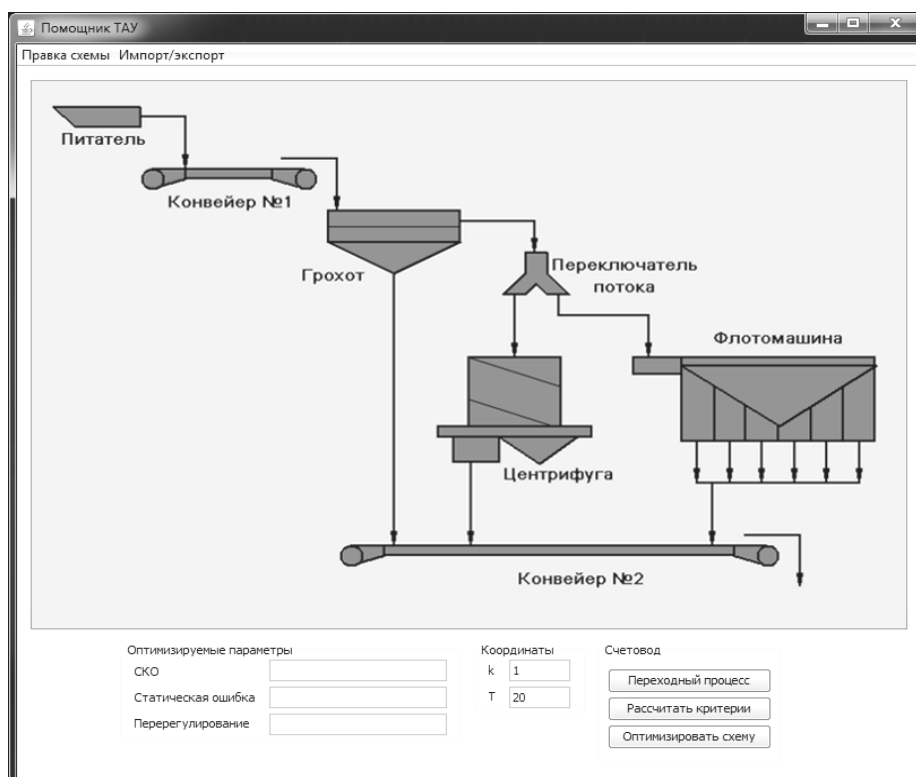


Рисунок 1 – Внешний вид приложения

Приложение визуализирует структуру ОУ, позволяет построить график переходного процесса, сохранить вычисленные значения выходов выбранных звеньев на каждом временном отсчёте в виде электронной таблицы, рассчитать значения показателей качества управления (среднеквадратическое отклонение, статическая ошибка и перерегулирование) и провести оптимизацию параметров регулятора симплекс-методом. Так же предусмотрен импорт и экспорт структуры ОУ (СУ). Практическая направленность такого рода программного средства позволяет автоматизировать процесс создания программного обеспечения (ПО) АСУ.

Учитывая, что реализация программного обеспечения нижнего уровня АСУ хорошо поддаётся формализации и унификации [2], в разрабатываемое программное средство необходима интеграция подсистемы создания и импорта ПО АСУ. При этом процесс создания программного обеспечения нижнего уровня АСУ может проходить в два этапа: задание общей структуры программного обеспечения и реализация подпрограмм управления локальными агрегатами.

Подпрограммы управления локальными агрегатами могут реализовываться назначением формальных действий на появление тех или иных входных сигналов средствами визуальной разработки. Накопление библиотек такого рода подпрограмм в дальнейшем сможет упростить повторное использование удачных проектных и архитектурных решений при разработке ПО, а возможность автоматического генерирования программного кода в форматы, поддерживаемые конкретными типами микропроцессорных программируемых контроллеров и средами разработки, позволит вносить при необходимости коррективы, учитывающие индивидуальные особенности контроллеров.

#### Библиографический список

1. О создании программного обеспечения нижнего уровня АСОДУ обогатительной фабрики / М.В. Ляховец // Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» / СибГИУ – Новокузнецк, 2011. – С. 206-209.

2. О необходимости совместного синтеза объектов управления и управляющих систем / М.В. Ляховец, Л.П. Мышляев, К.А. Ивушкин, К.Е. Барагичев // Труды IX Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» / СибГИУ – Новокузнецк, 2013. – С. 52-54.

## О МОДЕЛИРОВАНИИ ВАРИАНТОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ НАСТРОЕК ЗАКОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Барагичев К.Е.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Мышляев Л.П.

Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, proowler@gmail.com

В статье рассмотрены два подхода к построению системы управления промышленным объектом управления и сделан вывод о способе построения таких систем управления.

Ключевые слова: система управления, промышленный объект управления, моделирование, автоматизация, ПИ-закон регулирования.

Традиционные методы синтеза систем управления (СУ) имеют ряд особенностей, в полной мере не позволяющие создавать оптимальные, с производственной точки зрения, системы. Данные особенности широко известны и описаны в работах, например [1 - 3]. В данной работе проведём исследование возможности совместного синтеза объектов управления (ОУ) и управляющих систем (УС) при автоматизации технологических процессов на примере горноперерабатывающей отрасли.

В качестве модели исследования был выбран объект управления, состоящий из питателя, конвейера № 1, грохота, переключателя потоков, флотомашины, центрифуги и конвейера № 2. Технологическая схема представлена на рисунке 1. Переключатель потока представляется как «ключ», переводящий поток либо на флотомашину, либо на центрифугу. Перемещение шиберной заслонки в переключателе потоков осуществляется «вручную».

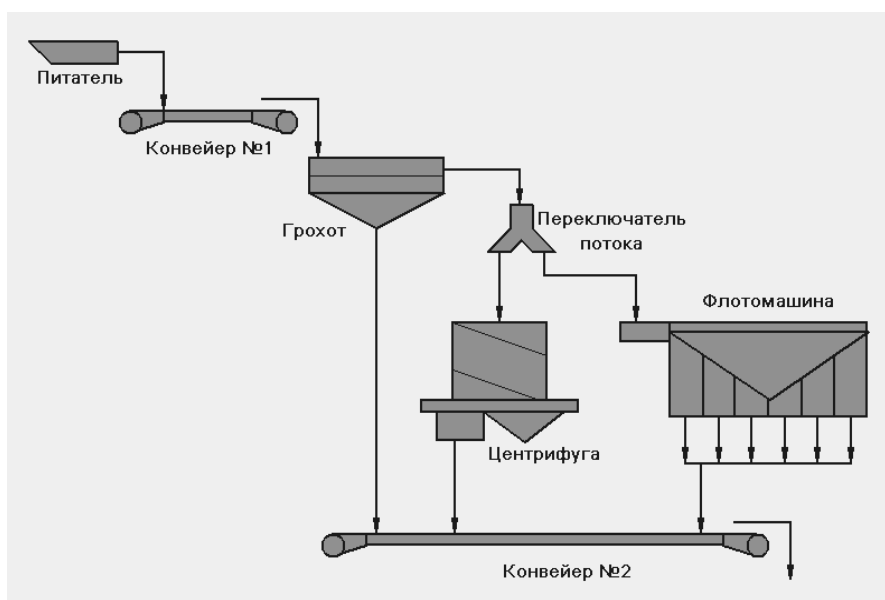


Рисунок 1 – Технологическая схема модели

Для расчётов была построена следующая структурная схема объекта управления (рисунок 2). Модельные значения параметров звеньев в структурной схеме управления представлены в таблице 1.

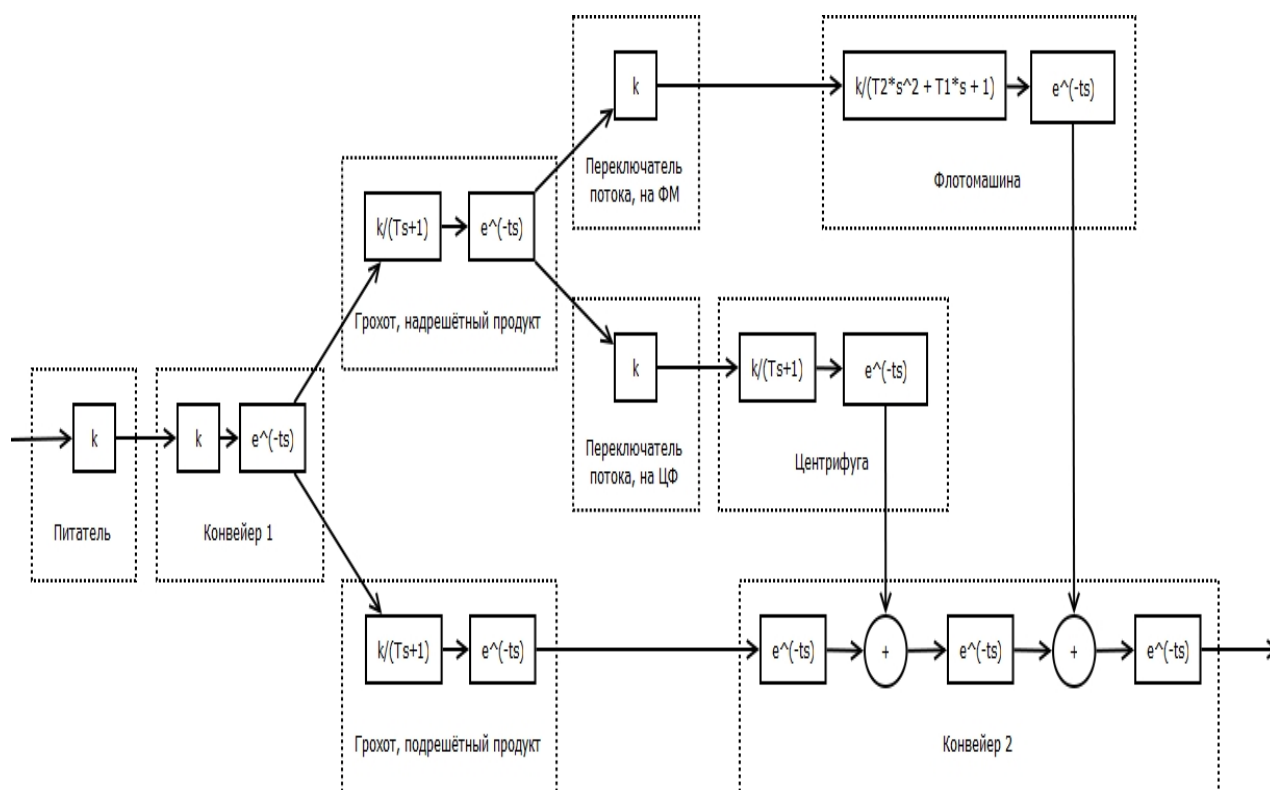
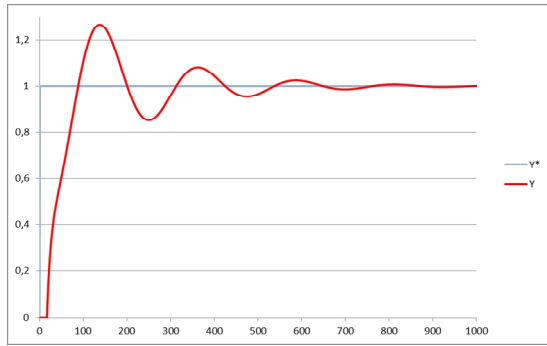


Рисунок 2 – Структурная схема объекта управления

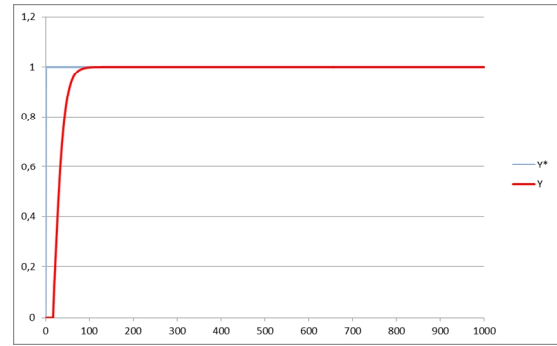
Таблица 1 – Параметры звеньев в составе схемы управления

	Пит	Конв.1	Грохот верх	Грохот низ	Конв.2 уч.1	Конв.2 уч.2	Конв.2 уч.3	ЦФ	ФМ
$\tau, c$	-	2	3	2	4	7	2	7	10
$k, \text{кг/с}$	1	0,9999	0,4999	0,4999	-	-	-	1	1
$T_1, c$	-	-	9	9	-	-	-	10	12
$T_2, c$	-	-	-	-	-	-	-	-	35

Ключ  $k_{кл}$  может принимать значения 1 и 0. Были смоделированы переходные процессы для двух положений переключателя потока: на флотомашину («на ФМ») и на центрифугу («на ЦФ»). Графики полученных переходных процессов представлены на рисунке 3 (а, б).



а) положение ключа «на ФМ»



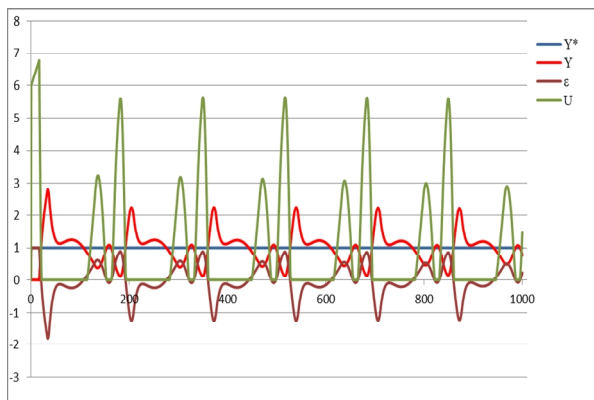
б) положение ключа «на ЦФ»

Рисунок 3 – Графики переходных процессов при разных положениях переключателя потока

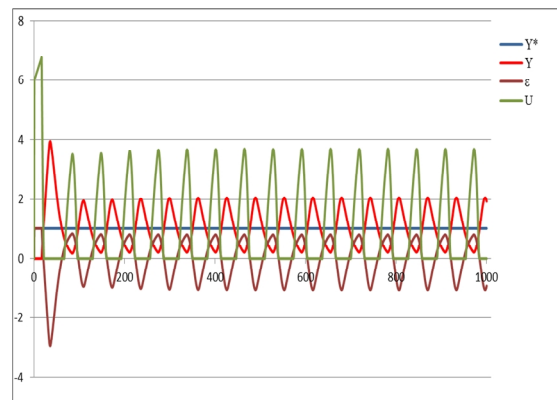
В целях управления данным объектом на первом этапе была синтезирована СУ по отклонению с ПИ-законом регулирования [4] с обобщёнными параметрами  $T_p = 0,7 \cdot T_0$  с,  $k_p = \frac{0,7}{k_0 \cdot \frac{\tau_0}{T_0}}$  с/кг, где  $T_0 = 179$  с (постоянная времени),  $k_0 = 1$  кг/с (коэффициент усиления объекта),  $\tau_0 = 21$  с (постоянная запаздывания объекта).

При таком выборе параметров ПИ-закона регулирования переходный процесс системы становится незатухающим колебательным (графики представлены на рисунке 4).

При таком выборе параметров ПИ-закона регулирования переходный процесс системы становится незатухающим колебательным (графики представлены на рисунке 4).



а) положение ключа «на ФМ»



б) положение ключа «на ЦФ»

Рисунок 4 – Графики переходных процессов СУ с обобщённым ПИ-законом регулирования при разных положениях переключателя потока

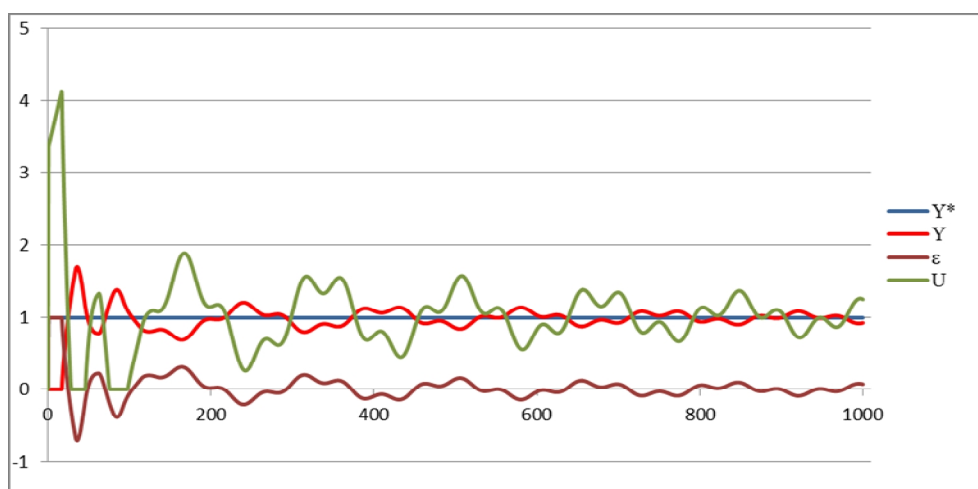
В целях улучшения управления данным объектом была синтезирована СУ по отклонению с ПИ-законом регулирования [1] с двумя наборами параметров, соответствующими разным положениям переключателя потока, т. е., с изменением структуры объекта. Таким образом, при разных положениях

шиберной заслонки в переключателе потока в закон регулирования вводятся соответствующие параметры. Поиск оптимальных параметров закона регулирования производился с помощью поисковой оптимизации генетическим алгоритмом [5].

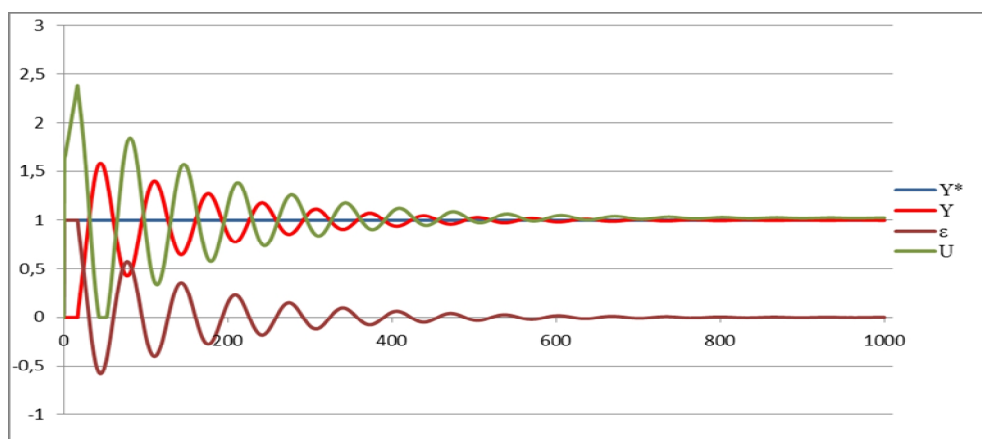
При текущих выбранных параметрах модельных агрегатов значения коэффициентов регулятора следующие:

- при положении ключа «на ФМ»  $k = 3,32351$  кг/с,  $T = 70$  с;
- при положении ключа «на ЦФ»  $k = 1,57316$  кг/с,  $T = 33,03636$  с.

Переходные процессы систем с указанными параметрами регулятора и положениями ключа представлены на рисунке 5 (а, б).



а) положение ключа «на ФМ»



б) положение ключа «на ЦФ»

Рисунок 5 – Переходный процесс СУ с ПИ-законом регулирования

Очевидно, что законом регулирования с единственным набором параметров без оперативного вмешательства в структуру объекта не обойтись. Управляющая система, переключающая параметры ПИ-закона регулирования в зависимости от положения переключателя потока, даёт лучшие показатели управления. И наилучшим вариантом стала бы управляющая система, которая в зависимости от поставленных целей

управления (например, сокращение затрат или сокращение длительности переходного процесса) автоматически переводила бы переключатель потока в нужное положение и переключала настройки ПИ-закона регулирования.

#### Библиографический список

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В.Я. Ротач.- 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Издательский дом МЭИ, 2008.- 396 с., ил.
2. Мышляев Л.П. Совместный синтез объектов и управляющих систем на примере кислородно-конвертерного процесса/ Л.П. Мышляев, С.М. Петрунин, А.М. Петрунин // Информационные технологии моделирования и управления.- № 7 (41), 2007 – С. 870-875.
3. О необходимости совместного синтеза объектов управления и управляющих систем / М.В. Ляховец, Л.П. Мышляев, К.А. Ивушкин, К.Е. Барагичев // Труды IX Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве» / СибГИУ – Новокузнецк, 2013.- С. 52-54.
4. Теория систем с переменной структурой/ Под ред. С.В. Емельянова.- М.: Наука, 1970.- 592 с.
5. Емельянов В. В., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Теория и практика эволюционного моделирования.- М: Физматлит, 2003. – 432 с.

УДК 681.518

### **СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОМИ АГРЕГАТАМИ, РАБОТАЮЩИХ НА УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДАХ\***

**Парфенов К.В.**

**Научный руководитель: к.т.н. Грачев В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статья посвящена анализу и систематизации данных по существующим системам автоматизации управления котельными установками, работающих на углесодержащих отходах.

Ключевые слова: углесодержащие отходы, способ сжигания.

На протяжении вот уже нескольких десятков лет в Кемеровской области стоит острая проблема экологического плана. Она заключается в больших и постоянно увеличивается площадях отвалов углесодержащих отходов.

---

\* Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки на выполнение СибГИУ научно-исследовательской работы № 2555



Несмотря на большое количество работ по системам автоматизации управления (САУ) котельными агрегатами, работающих на углесодержащих отходах, до сих пор остается много неразрешенных вопросов. Главным образом они связаны с тем, что технология построения такого рода систем не отработана, и каждая установка делается практически с нуля. Универсальной, проработанной методики проектирования и создания САУ, к сожалению, не существует.

Целью научно-исследовательской работы (НИР) является анализ и систематизация данных по существующим системам автоматизации управления котельными установками, работающих на углесодержащих отходах.

Задачи, решаемые в рамках данного исследования, можно сформулировать следующим образом:

- анализ требований предъявляемых к системам автоматизации и управления котельными агрегатами;
- изучение особенностей утилизации углесодержащих отходов в различных видах топочных агрегатов;
- анализ систем-прототипов, выявление их достоинств и недостатков.

В рамках решения первой задачи НИР были определены общие требования, предъявляемые к САУ котельными агрегатами [1].

1. Контроль показаний датчиков и состояния оборудования.
2. Управление основным оборудованием.
3. Защита оборудования при аварийных и чрезвычайных ситуациях;
4. Минимизация роли человеческого фактора в управлении технологическим оборудованием котельной.
5. Аварийная и предаварийная сигнализация, фиксация аварийного останова котлов.

На втором этапе проводился анализ способов сжигания углесодержащих отходов. Существует три основных вида топочных агрегатов [2]: слоевая топка, факельная и вихревая (циклическая) топка. Каждая из них имеет как свои достоинства, так и недостатки. Например, слоевая топка, производит сжигание топлива только в достаточно крупной фракции, характеризуется сложностью или невозможностью сжигания топлив с высокой зольностью и (или) влажностью, неудовлетворительной организацией процесса горения – с течением времени происходит налипание золы на колосники, большими габаритами.

Главный недостаток факельных топок – это возможность сжигания топлив только в однородной и достаточно мелкой фракции, сложность розжига топки при необходимости использования постороннего источника.

Вихревая топка лишена всех этих недостатков [2]. При сжигании в вихревой топке большая часть топлива находится не на решетке, как при слоевом сжигании, а вращается в вихревом потоке дутьевого воздуха, то есть является способом сжигания топлива во взвешенном состоянии (рисунок 1).

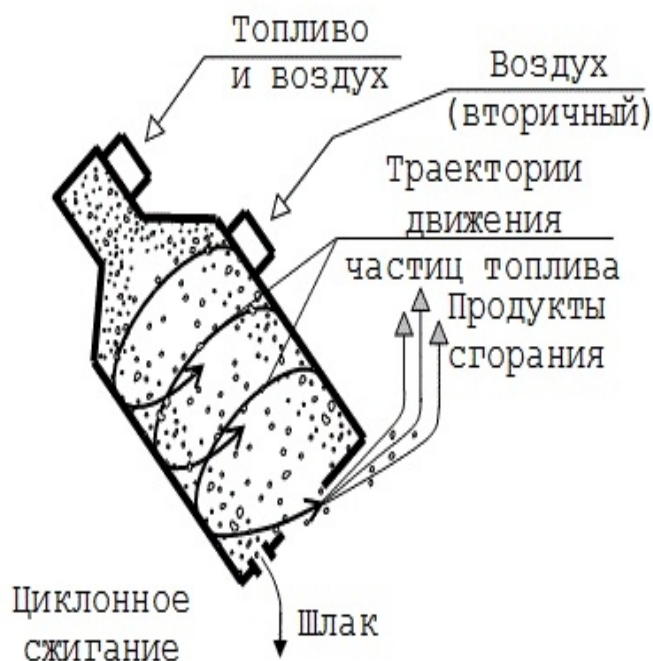


Рисунок 1 – Вихревая (циклонная) топка

Анализ всех выше перечисленных способов сжигания топлива показал, что сжигание в вихре идеально подходит для пылеугольного топлива. Кроме этого данная технология позволяет с минимальными затратами модернизировать котельные установки с целью перевода на сжигание более дешевых, местных видов топлива, повышения КПД и улучшения экологических показателей.

На заключительном этапе исследования проводился анализ функционирующих систем - прототипов. Наиболее ярким примером является вихревые топки «Торнадо» компании «ПроЭнергоМаш» для утилизации углесодержащих и древесных отходов [3]. Топки «Торнадо» характеризуются наличием на выходе пережима с газовыпускным окном, надежно удерживающие летучие частицы в топке. Это позволяет обеспечить простоту эксплуатации. К их достоинствам так же относится:

1. Высокий КПД и экономичность предлагаемой технологии;
2. Высокие экологические показатели;
3. Возможность сжигания измельченных горючих отходов.

Недостаток системы «Торнадо» связан со сложностью работы с влажным топливом (влажность свыше 50-60%) и с топливом, содержащем минеральные примеси (например, песок, глина). Для сжигания таких отходов необходимо использовать специальные топочные устройства.

Обзор существующих конструкций котлов показал, что сжигание в вихревых топочных камерах является наиболее перспективным направлением утилизации отходов как низкокачественных углей и углесодержащих отходов, так и отходов растительного типа. Вихревая технология «Торнадо», разработанная в компании «ПроЭнергоМаш» является практически универ-

сальной. Кроме того, она может использоваться путем встраивания вихревых топок в топочный объем существующих котлов. При этом специалисты компании «ПроЭнергоМаш» на основе натурального и численного моделирования разработали критерии обеспечения устойчивости вихревых структур в камерах отличных от круглой формы, то есть с минимумом переделки топочного объема и камер сгорания.

В заключение можно отметить, что при большом количестве теоретических работ по данной тематике, реально действующих систем не так много. Необходимо продолжение работы в данном направлении, совершенствование технологии сжигания и методов автоматизации.

Техническое перевооружение котельных с введением современных технологий позволяет снизить недожог топлива, уменьшить экологическую нагрузку на города и территории и обеспечить экономию затрат:

- на закупку угля, 15-30%;
- на ремонт и обслуживание топок и котлов;
- на вывоз шлака и золы;
- на экологические штрафы.

#### Библиографический список

1. Автоматизация котельных - НТЦ Энерго-Ресурс [Электронный ресурс]: Материалы многопрофильного научно-технического центра - Режим доступа [<http://en-res.ru/kotelnye/avtomatizaciya-kotelnyx.html>] - Загл. С экрана.

2. Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс]: Материалы лекции по теплотехнике - Режим доступа [<http://stringer46.narod.ru/HardWateryFuelBurn.htm>] - Загл. С экрана. Тема 15. Твердое и жидкое топливо и их сжигание.

3. Применение вихревых топок «Торнадо» для перевода котлов на использование растительных и кородревесных отходов - Производственная компания «ПроЭнергоМаш» [Электронный ресурс]: Материалы ПроЭнергоМаш-Проект [<http://www.pem-energo.ru/primenenie-vihrevyih-topok-tornado-dlya-perevoda-kotlov-na-ispolzovanie-rastitelnyh-i-korodrevesnyh-othodov>].

4. Пузырев Е.М., Голубев В.А., Жуков Е.Б. Патент РФ на ПМ №86705 «Низкотемпературная вихревая топка», от 06 апреля 2009г.

## ВЛИЯНИЕ ШАГА ДИСКРЕТИЗАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Саламатин А.С., Бурлаченко А.В., Золин К.А., Раскин М.В.  
Научный руководитель: д.т.н., профессор Мышляев Л.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, nicsu@ngs.ru*

В данной статье рассмотрена проблема влияния шага дискретизации на точность вычислений. На примере типовых звеньев показана закономерность изменения точности расчетов от изменения шага дискретизации.

Ключевые слова: шаг дискретизации, типовые звенья, критерий точности расчетов.

Чтобы выявить закономерности влияния шага дискретизации на точность вычислений, проведен анализ точности расчетов по рекуррентным выражениям на примере нескольких типовых звеньев. Для этого были сделаны расчеты по рекуррентным зависимостям и по аналитическим решениям каждого из звеньев.

Для сравнения аналитических и численных расчетов принят критерий в виде:

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |y_p(i) - y_a(i)|, \quad (1)$$

где  $y_p(i)$  и  $y_a(i)$  – расчетные по рекуррентным выражениям и по аналитическим решениям значения выходного воздействия в  $i$ -ый момент времени.

Для анализа были взяты следующие типовые звенья:

1) инерционное звено I порядка

$$\varphi(S) = \frac{k}{T \cdot S + 1}; \quad (2)$$

2) интегрирующее звено

$$\varphi(S) = \frac{k}{S}. \quad (3)$$

Для визуализации результатов вычислений, для каждого звена были построены графики входных и выходных воздействий при разных шагах дискретизации (0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5) в дискретные моменты  $i$ . Ниже представлены графики для звена(2).

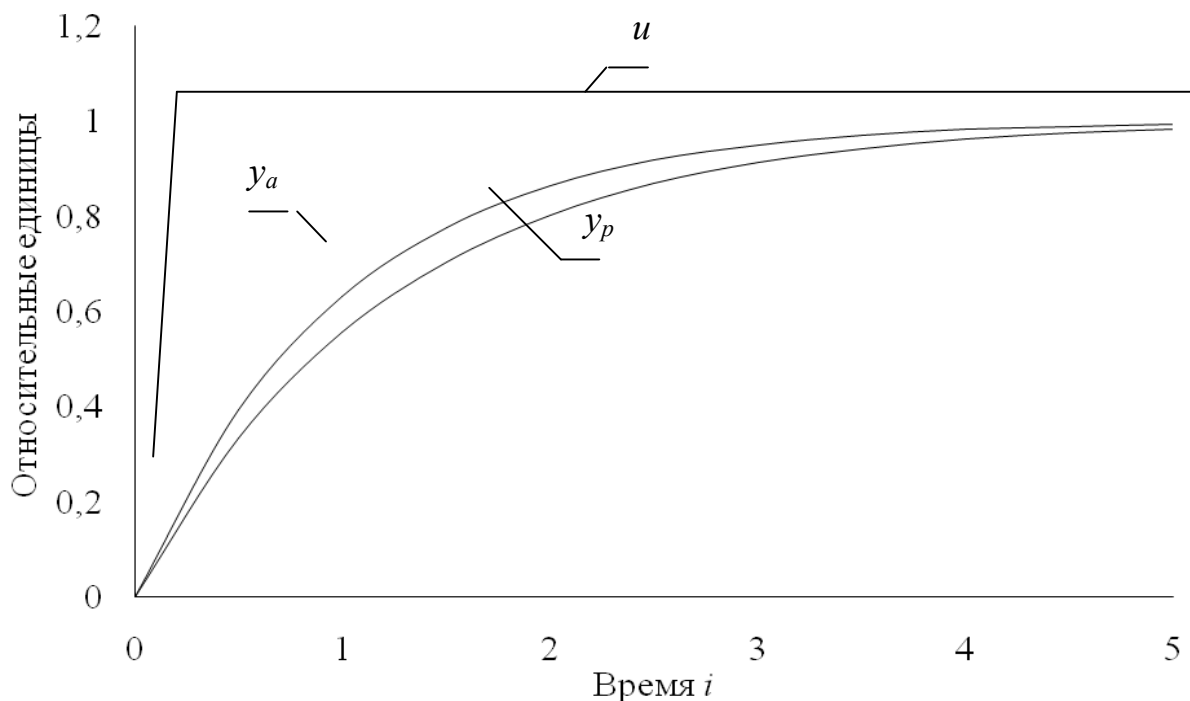


Рисунок 1 – Графики входного воздействия  $u$  и выходного воздействия  $y_p$  для инерционного звена I порядка при шаге дискретизации  $\Delta = 0,5$  ед.

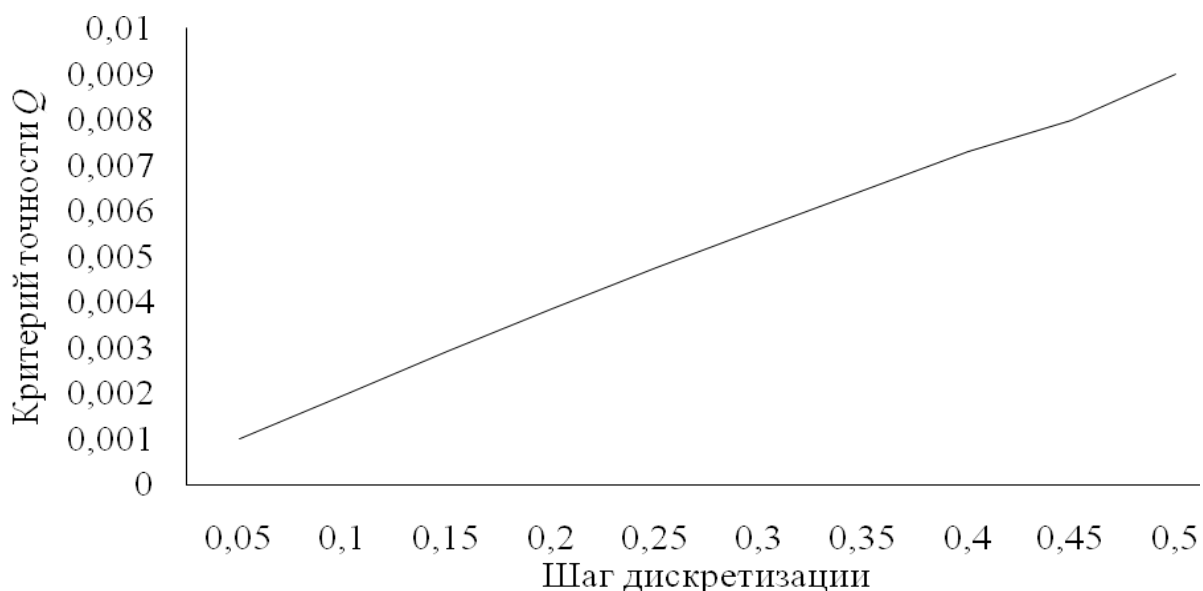


Рисунок 2 – График зависимости критерия точности расчетов от шага дискретизации для инерционного звена I порядка

Для интегрирующего звена (3) выявлено, что шаг дискретизации не оказывает существенного влияния на критерий точности  $Q$ .

Полученная зависимость критерия точности расчетов от величины шага дискретизации может использоваться при построении систем автоматического регулирования, когда требуется получить необходимую точность расчета.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА НЕЛИНЕЙНОГО АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

**Абрамян Ф.А, Братченко Н.Ю.**

**Научный руководитель: к. ф.-м. н, доцент Братченко Н.Ю.**

*Северо-Кавказский федеральный университет,  
г. Ставрополь, nb20062@rambler.ru*

Данное исследование посвящено алгоритму анализа хаотического поведения системы, разработке основ построения математической модели, отражающей динамику ее поведения, с целью дальнейшего исследования областей функционирования системы и предсказания ее возможного поведения, а также его программной реализации.

Ключевые слова: математическая модель, динамическая система (ДС), теория хаоса, фрактальный анализ, бифуркация, нелинейный анализ.

Модели нелинейной динамики – простейшие объекты, демонстрирующие желаемое качественное поведение системы. С этим связано широкое использование моделей теории катастроф, динамических систем на плоскости, одномерных отображений при описании различных процессов в технических системах. К простейшим математическим моделям нелинейной динамики можно отнести модели, описывающие диссипативные системы с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений. Их можно рассматривать как развитие на новом уровне теории колебаний. Такие исследования во многих случаях связаны с динамическим хаосом. Теория нелинейных динамических систем применяется к системам, описываемым известными уравнениями. Нелинейная динамика позволила предложить новые подходы к исследованию временных рядов, а также новые характеристики систем, которые могут быть использованы для их идентификации.

Визуальная оценка данных в нелинейных динамических системах важна потому, что они, как правило, не имеют единственного решения. В настоящее время широкие графические возможности персональных компьютеров позволяют нам увидеть огромное множество возможных решений.

Основой нелинейно-динамического подхода является учет внутренних особенностей системы, в отличие от статистических методов, в которых все факторы полагаются случайными или неопределенными. Для нелинейных неустойчивых систем характерны сложные явления, такие, как регулярные осцилляции и хаос. Сложно организованные временные структуры возникают из хаотических состояний, и в таких самоорганизующихся системах вместо устойчивости и гармонии обнаруживаются эволюционные процессы, приводящие к еще большему разнообразию и усложнению структур.

Разработана схема поэтапного анализа поведения динамической неравновесной системы. Схема нелинейного анализа динамической системы изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Схема анализа и разработки нелинейной динамической модели

В качестве эволюционного уравнения предлагается дифференциальное уравнение первого порядка – более простое и эффективное. Наряду с дифференциальными уравнениями известен еще один класс динамических систем – дискретные отображения. Предложен переход к дискретным отображениям, так как в некоторых ситуациях для моделирования динамики системы достаточно указать ее состояние в заданные дискретные моменты времени. В этом случае в качестве эволюционного оператора можно использовать функцию, выражающую состояние системы в некоторый момент времени через ее состояние в предыдущий момент. Моделью такой динамической системы может служить дискретное уравнение. Заметим сразу, что если в динамической системе, эволюция которой описывается дифференциальными уравнениями имеется неустойчивость, то исследовать ее численными методами путем прямого решения системы дифференциальных уравнений можно только при очень малых временах. В противном случае численное решение будет отражать лишь дискретную схему. Дискретные отображения позволяют отвечать на вопрос об устойчивости решения. Анализ управляющего параметра модели дискретного отображения позволяет выявить различные области изменения состояния системы: эволюции, бифуркаций, хаоса, и тем самым определить возможные траектории поведения системы.

Данный алгоритм позволяет исследовать переход от простейших, упорядоченных к хаотическим режимам при изменении параметров и аппроксимировать динамику поведения исследуемой системы.

В результате исследования, разработан программный комплекс средствами Visual C++, реализующий алгоритм нелинейного анализа временных рядов. Данный пакет программ предназначен для исследования поведения динамических систем, изменение состояний которых во времени описывается дифференциальными уравнениями. В процессе изменения состояния системы возникают бифуркационные ситуации, при которых качественно меняется фазовый портрет. Если режиму работы динамической системы соответствует устойчивое стационарное решение, то применяется анализ поведения системы в случаях нарушения устойчивости этого решения при возможных изменениях параметров. Случайное отклонение системы от ее закономерного состояния выступает основным моментом, фактором в становлении, функционировании, развитии и неминуемой гибели любой системы. Неравновесность и нестабильность системы, наличие в ней множества точек бифуркаций далеко не всегда ведут к ее разрушению. Траектория нелинейной динамической системы в многомерном фазовом пространстве ведет себя необычным образом. Состояние системы в момент бифуркации является неустойчивым и бесконечно малое воздействие может привести к выбору дальнейшего пути. Финальным состоянием эволюционирующих физических систем является состояние динамического хаоса. Этим обусловлена большая трудность или даже невозможность долгосрочного прогноза поведения не-



линейных динамических систем.

Разработанный комплекс программ предусматривает выбор файла данных с целью дальнейшего исследования, определение областей исследования в виде задаваемых интервалов экспериментальных данных, а также по необходимости производит декомпозицию временного ряда на равные интервалы в зависимости от их количества. После чего применяется модель дискретных отображений для каждого интервала экспериментальных данных. Определяется управляющий параметр на каждом интервале декомпозиции временного ряда, сравнивается с критическими значениями, полученными из построенной бифуркационной диаграммы дискретного отображения. В зависимости от значения управляющего параметра выявляются области анализа: эволюции, бифуркаций, хаоса. Для каждой из областей применяется соответствующая модель исследования данных. Средствами данного программного комплекса строится нелинейная модель на основе отдельных локальных логистических уравнений для анализа области эволюции системы, проводится оценка ее адекватности, строится прогноз. Для данных области бифуркации определяется период бифуркации и устойчивые циклы системы. Строится диаграмма орбит отображения. Для области хаоса строится аттрактор. Данная система программ обладает графическими возможностями описания поведения системы и результатов применения моделей [1, 2].

При разработке программного пакета использованы математические методы, позволяющие проводить расчеты своевременно и многократно, исходя, как правило, из неоднородной и большой по объему, меняющейся по вариантам прогноза информации. Это обеспечивает выявление в поведении системы важнейших и устойчивых закономерностей и тенденций. Такое выявление необходимо как на исходном материале, так и в процессе анализа результатов, получаемых по данной методике, и их расчетов по комплексу связанных с ней моделей. Данный комплекс программ сокращает время исследования таких систем, обеспечивает точность расчетов, позволяет построить краткосрочный прогноз их поведения.

#### Библиографический список

1. Братченко Н.Ю. Разработка и применение методов исследования динамики поведения нестационарных систем: диссертация ... канд. физ-мат. наук: 05.13.18.- Ставрополь, 2005 г.- 182 с.
2. Братченко Н. Ю. Исследование хаотического поведения динамических систем / Н. Ю. Братченко // Весник Северо-Кавказского государственного технического университета.- Ставрополь, 2012. №1 (30).- С. 6-8.

## **МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ И СИГНАЛИЗАЦИИ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

**Евдокимов П.А., Шаев Д.М., Иванов Д.С., Постнов И.Н.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кунин П.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

Выполнен анализ существующих систем сигнализации в промышленных сетях электроснабжения. Предложена многофункциональная микроконтроллерная система сигнализации на базе сигнального микроконтроллера dsPIC30f4013 компании «Microchip», что позволило существенно упростить систему защит, существенно повысить безопасность труда обслуживающего персонала, а также агрегатов потребителей.

Ключевые слова: микроконтроллер, защита, сеть, электроснабжение, безопасность, персонал, агрегаты потребителей.

Высоковольтные сети промышленного энергоснабжения являются объектом повышенной опасности. Любая возникающая авария грозит серьезными последствиями: выходом из строя оборудования, возникновением пожаров, взрывов, человеческими жертвами. Поэтому все происходящие в сети процессы необходимо контролировать и пресекать возможные аварии в ранней стадии, не допуская серьезных последствий. Для этого в распределительных пунктах промышленных сетей устанавливаются системы, измеряющие основные сетевые параметры и отключающие коммутационный аппарат при возникновении аварийной ситуации.

Такие системы должны выполнять как функции релейной защиты (максимальную токовую защиту, защиту от несимметрии фазных токов, защиту от токов утечки, защиту от минимального тока и напряжения, защиту от однофазного замыкания на землю, и прочие), так и функции автоматики (автоматическое повторное включение, автоматическое включение резерва). Кроме того, уровень техники последних лет требует осуществления дистанционного контроля параметров сети (например, с пульта оператора).

В настоящее время существует несколько способов реализации подобных систем. Наиболее популярный из них – применение узкофункциональных релейных механизмов. Но этот способ является морально устаревшим, он не обеспечивает требуемой надежности, функциональности, а также нет возможности дистанционной передачи параметров.

Второй способ – применение в качестве устройств защиты микроконтроллерных систем. Это позволяет существенно расширить возможности агрегата, повысить точность измерений токов и напряжений фаз, решить проблему отображения информации, изменения параметров системы, реализуя

это программно. Кроме того, стало возможным передавать информацию о параметрах системы по интерфейсу на пульт оператора.

Этот принцип используется сравнительно недавно (около 10 лет), поэтому в настоящее время его применяют небольшое число крупных производителей оборудования для промышленного энергоснабжения. Одним из них является компания «Энергия Холдинг» (Россия), выпускающая, помимо прочего, распределительные устройства КРУВ-6М (комплектное распределительное устройство взрывобезопасное), снабженные микроконтроллерной системой защиты. Разработка этой системы началась около 6 лет назад, когда уровень микроконтроллерной техники значительно уступал нынешнему. За основу системы был принят малопроизводительный контроллер фирмы Motorola – MC908AZ60ACFU. Это вынудило разработчиков разбить систему на два физических блока: микроконтроллерный блок защиты присоединений МКЗП и блок контроля изоляции БКИ. Архитектура самих блоков также сложна: для обеспечения необходимой функциональности потребовалось несколько контроллеров, связь между которыми осуществляется с помощью внешнего блока ОЗУ. Для обработки аналоговых сигналов используется внешний блок АЦП.

Если подобное устройство реализовать на основе современного мощного контроллера, то это позволит увеличить функциональные возможности, а, вместе с тем, упростить архитектуру и строение системы, а, значит, сделать ее более надежной и быстродействующей. Кроме того, за время эксплуатации старой системы накопились существенные замечания и предложения, учет которых позволил создать новую разработку более удобной для эксплуатации. В результате анализа существующих вариантов за основу системы был принят контроллер dsPIC30f4013 компании «Microchip». Данный контроллер имеет 16 битный аккумулятор, его архитектура включает сигнальный и стандартный процессоры. Программирование может вестись как на ассемблере, так и на Си. Кроме того, возможно и сочетание листингов этих языков. Объем АЦП данного контроллера - 12 бит, сохранение результатов происходит в 40-битные регистры, что исключает возможность переполнения. Применение данного контроллера позволило значительно упростить структурную схему системы, исключить внешние блоки ОЗУ и АЦП, а также второй микропроцессор (рисунок). Блок формирования входных аналоговых сигналов включает в себя датчики тока (сигналы фазных токов), измерительный трансформатор и датчик напряжения (сигнал линейного напряжения), трансформаторы тока и напряжения нулевой последовательности (для реализации защиты от однофазных замыканий на землю), аналоговые оптронные развязки входов измерения сопротивления изоляции. Блок формирования входных дискретных сигналов представляет совокупность релейных контактов, кнопок управления и проверок, сигналы с которых являются входными для микроконтроллера.

Элементы нормализации и фильтрации сигналов включает в себя

фильтры низких частот сигналов с аналоговых датчиков и цепи оптронной развязки и нормализации дискретных сигналов.

Основным элементом структурной схемы является микроконтроллер (рисунок 1). Он по заданному алгоритму обрабатывает входные сигналы, осуществляет сравнение с заданными параметрами, формирует сигналы управления коммутационным аппаратом распределительного устройства (вакуумным выключателем), сигналы цепей сигнализации, а также преобразует информацию для передачи по последовательному интерфейсу.

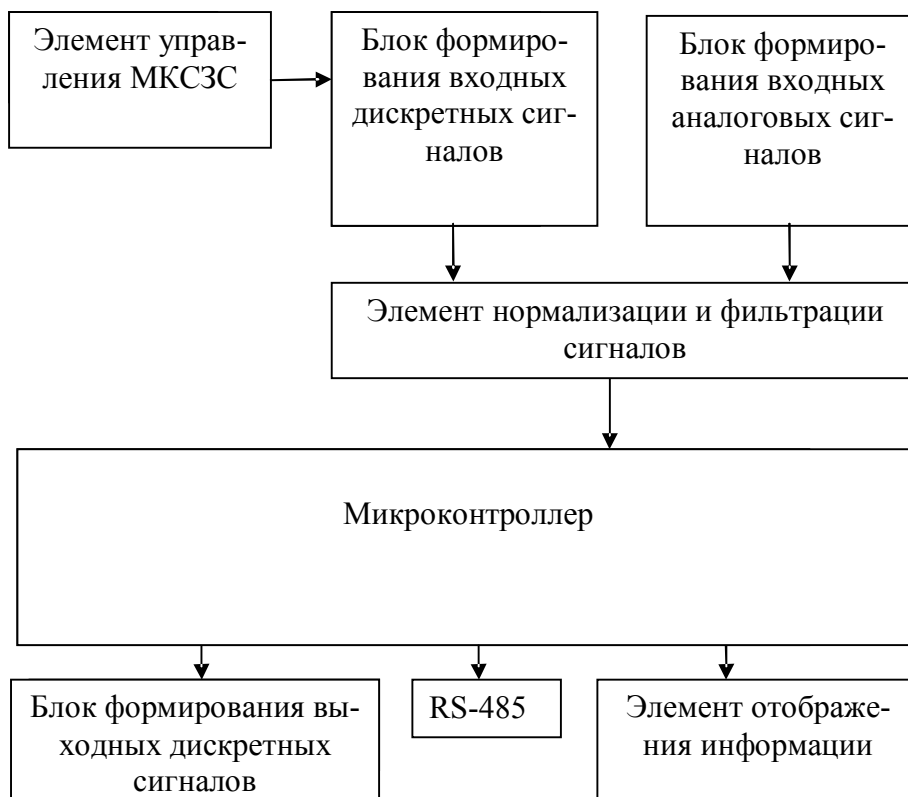


Рисунок 1 - Структурная схема новой системы

Связь системы с обслуживающим персоналом осуществляется через элемент отображения информации, физически представляющий собой символичный дисплей. В рабочем режиме на нем отображается информация о токах трех фаз, напряжении сети. При отключенном коммутирующем аппарате контроллер осуществляет контроль сопротивления изоляции сети, значение которого также отображается на дисплее. В случае аварийной ситуации на дисплей выводится название сработавшей защиты. Кроме того, с помощью этого элемента осуществляется настройка системы.

Выходные сигналы микроконтроллера поступают на малогабаритные реле, контакты которых включаются в цепи управления и сигнализации.

Сигналы последовательного интерфейса выводятся на отдельный разъем и могут быть переданы на пульт оператора (расстояние до 1500 м).

Применение разработанной системы позволяет существенно повысить безопасность труда обслуживающего персонала высоковольтных сетей, а также агрегатов потребителей, делает пользование электрической энергией удобным и наглядным.

УДК 622.232.83:681.516.3

## **МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА**

**Емельянов Д.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кунины П.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

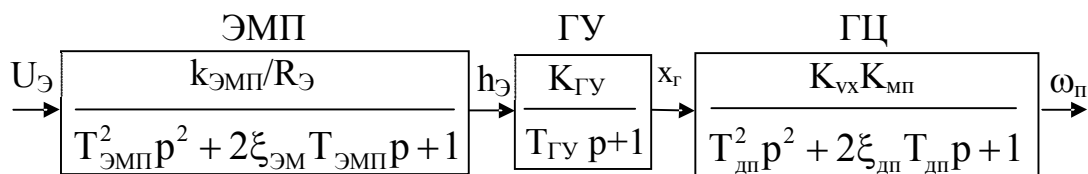
Приведена система взаимно связанного управления электрогидравлической подсистемы подачи и подсистемы управления асинхронным электроприводом резания горной породы. Трехфазный электродвигатель преобразован в эквивалентный однофазный, и синтезирована быстродействующая микроконтроллерная система управления с применением теории разнотемповых движений с быстродействием классической одноконтурной системой подчиненного управления.

Ключевые слова: взаимосвязанный, разнотемповый, быстродействие, микроконтроллер, электрогидравлический.

Проходческий комбайн - сложная динамическая система, исполнительный орган которого имеет автономные приводы резания и подачи, взаимодействующие через забой. Повышение производительности, долговечности и надежности проходческих комбайнов определяет уровень их автоматизации, который сравнительно низок и не соответствует передовым тенденциям развития систем управления в России и за рубежом. Поэтому целью данной работы является создание микроконтроллерной системы стабилизации и ограничения нагрузок исполнительного органа стреловидного комбайна.

В основу синтеза положен метод разнотемповых движений, который способен обеспечить построение системы с любыми наперед заданными характеристиками как медленных, так и быстрых движений, способных обеспечить требуемое быстродействие и плавность переходных процессов.

Уточненная модель электрогидропривода подачи как объекта управления создана на основании обобщения материалов литературных источников. Ее структурная схема приведена на рисунке 1:



ЭМП - электромеханический преобразователь;  
 ГУ – гидравлический усилитель; ГЦ - гидроцилиндр

Рисунок 1 – Структурная схема объекта управления электрогидропривода подачи

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором привода резания является сложным трехфазным нелинейным объектом. Целесообразно выполнить упрощение его модели, не теряя точности. Для этого выполнили суммирование магнитных потоков трех фаз обмоток статора электродвигателя с учетом их фазового сдвига во времени и пространстве. Получили результирующий вращающийся в пространстве модуль магнитного потока что дало возможность представить двигатель эквивалентной однофазной моделью (рисунок 2).

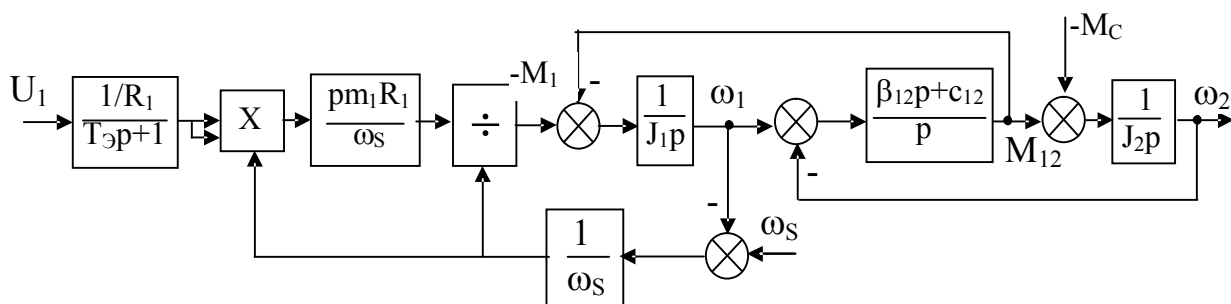


Рисунок 2 – Структурная схема модели объекта управления «ротор асинхронного электродвигателя – исполнительный орган»

Синтез регуляторов тока и скорости выполнили по методике, изложенной в работе [1]. Целью синтеза любого контура принимаем желаемую передаточную функцию второго порядка:

$$\frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{T_p^2 p^2 + 2\xi T_p p + 1} \quad (1)$$

Преимуществом функции (1) перед желаемыми передаточными функциями более высоких порядков является простая связь параметров объекта управления контура с параметрами регулятора и желаемыми процессами в системе. Процессы, описываемые (1), являются медленными движениями. Задаваясь постоянной времени  $T_p$  и коэффициентом демпфирования  $\xi$  ха-

рактического полинома передаточной функции (1), можно получить любое, допускаемое ограниченными параметрами объекта и преобразователей, а также плавные и быстрые процессы без перерегулирования.

Поскольку желаемая передаточная функция используется для любого внутреннего или внешнего контура, быстродействие и перерегулирование всех контуров, в отличие от систем подчиненного регулирования, получается одинаковым. Оно соответствует одноконтурной системе классической системы. Аналоговые передаточные функции регуляторов скорости подачи и тока электродвигателя, полученные по методике, изложенной автором в работе [2], имеют соответственно вид:

$$W_{PC}(p) = \frac{\gamma(p)}{D_{PT}(p)} = \frac{T_{ГУ} T_{дп}^2 p^3 + T_{дп} (T_{дп} + 2\xi_{дп} T_{ГУ}) p^2 + (2\xi_{дп} T_{дп} + T_{ГУ}) p + 1}{U_{ПШ} k_{ЭМП} K_{ГУ} K_{vx} K_{мп} (T_{\sigma} p + 1) (T_p^2 p^2 + 2\xi_p T_p p) / R_{\sigma}}, \quad (2)$$

$$W_{PT}(p) = \frac{(T_p^2 p^2 + 2\xi_p T_p p + 1)(T_{\sigma} T_M p^2 + T_M p + 1)}{b_1 K_3 K_{дт} (T_c^2 p^2 + 2\xi_c T_c p)(T_{\sigma} p + 1)^2}. \quad (3)$$

Полная функциональная схема микроконтроллерной системы управления скоростью подачи и током асинхронного электродвигателя взаимосвязанной системы приводов стреловидного исполнительного органа проходческого комбайна приведена на рисунке 3.

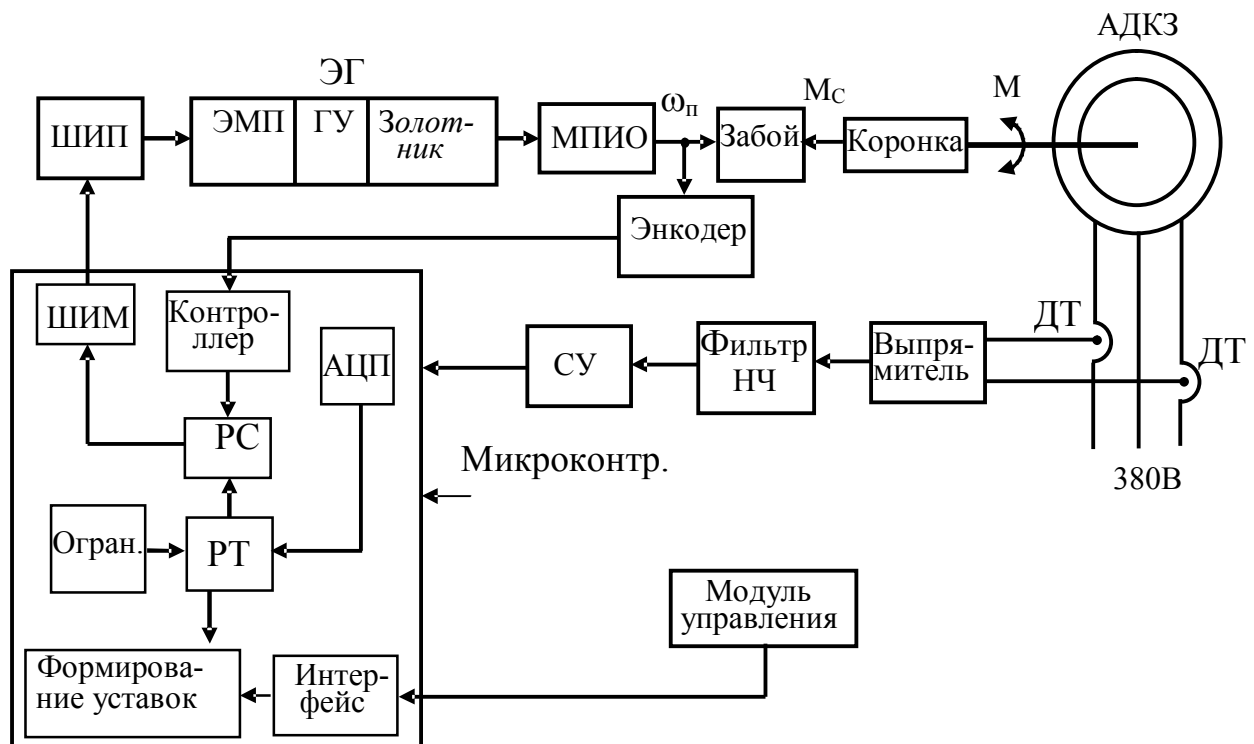


Рисунок 3 – Функциональная схема системы

На рисунке 4 показаны переходные процессы отработки скачкообразного входного воздействия.

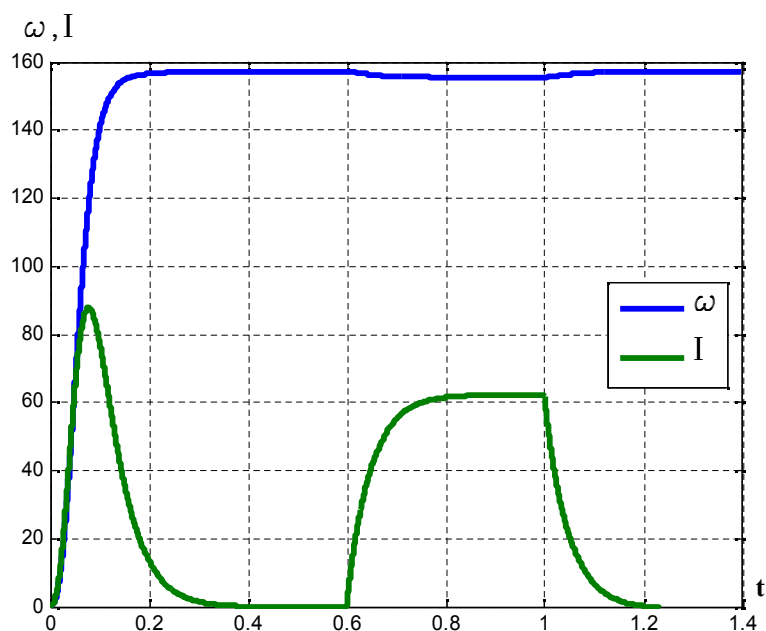


Рисунок 4 – Переходные процессы по току и скорости электродвигателя

#### Библиографический список

1. Кунинин П.Н. Синтез алгоритмов регуляторов систем с медленными и быстрыми движениями / П.Н. Кунинин, Т.В. Богдановская / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VI Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2007. с. 407-411.
2. Кунинин П.Н. Синтез алгоритмов и проблемы программирования микроконтроллерных систем управления / П.Н. Кунинин, Ал-р.С. Дружилов, Ар-м. С. Дружилов / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VI Всероссийской научно-практической конференции.- Новокузнецк: СибГИУ, 2007. с. 411-415.

УДК 62-83-52

### ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ СИСТЕМ

**Каланчин М.Ю., Серебряков Е.Ю.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кунинин П.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

Приведен анализ и сравнительная оценка существующих систем переноса программ из памяти компьютера в память микроконтроллера при создании стендов учебно-исследовательского назначения, а также при реализации одиночного и мелкосерийного производства. Предложен метод, который прост и удобен для практического применения.



Ключевые слова: микроконтроллер, внутрисхемное программирование, программатор, bootloader, адаптер.

При разработке микроконтроллерных систем управления учебно-исследовательского назначения, одиночного или мелкосерийного производства одной из существенных проблем является перенос подготовленной программы в память микроконтроллера [1]. Иметь программатор промышленного назначения привлекательно, но вряд ли осуществимо из-за высокой стоимости.

Широко применяемые автономные программаторы, средней ценовой группы промышленного также мало отвечают задачам программирования систем, предназначенных для решения задач обучения. Дело в том, что в системах рассматриваемого класса программа постоянно изменяется и необходимо полностью или частично ее многократно перезаписывать в память микроконтроллера. А автономные программаторы ставят перед необходимостью извлекать перепрограммируемый микроконтроллер из платы приложения и устанавливать в панельку программатора.

В этом отношении более привлекательными являются системы внутрисхемного программирования [1], которые предоставляют возможность обновлять или полностью менять программу микроконтроллера, не извлекая микроконтроллер из панели платы приложения, добавив на плату приложения дополнительный разъем программирования.

Все системы внутрисхемного программирования можно классифицировать на две группы: а) системы с промежуточным адаптером, часто дополненным функцией внутрисхемной отладки программы; б) системы со специальным загрузчиком.

Системы внутрисхемного программирования с промежуточным адаптером с функцией не только программатора, но и отладчика привлекают возможностью отладки программы разработчика непосредственно на микроконтроллере. Пока, к сожалению, цена на фирменные программаторы оставляет надеяться на лучшее. К системам второй группы относится технология bootloader. Этот способ предполагает использование специальной программы – boot-загрузчика, который для микроконтроллера является своеобразной операционной системой. Boot-загрузчик, представляющий самостоятельную программу, должен быть предварительно записан в микроконтроллер через стандартный (например, автономный) программатор. В дальнейшем это позволит микроконтроллеру самостоятельно перепрограммировать свою память программ

Механизм работы bootloader'a проиллюстрирован на рисунке 1 применительно к сигнальным микроконтроллерам фирмы PIC.

Сначала в память программ микроконтроллера с помощью стандартного программатора нужно записать boot-загрузчик. После этого можно выполнять запись программы разработчика с помощью программы PIC Quick Programmer. С началом записи на выходы микроконтроллера RX и TX приходят данные с компьютера, через интерфейс RS-232. Через модуль USART

(Универсальный Синхронный/Асинхронный Приемо-Передатчик), работающий в асинхронном режиме данные поступают в блок приема/передачи. Эти поступающие данные представляют собой команды работы с памятью программ микроконтроллера, представленные в специальном формате. Блок приема/передачи осуществляет их проверку и анализ, а затем помещает данные в RAM-память. Интерпретатор команд переводит данные, находящиеся в RAM-памяти, в код программы разработчика, и затем осуществляет необходимые операции по работе с памятью микроконтроллера.

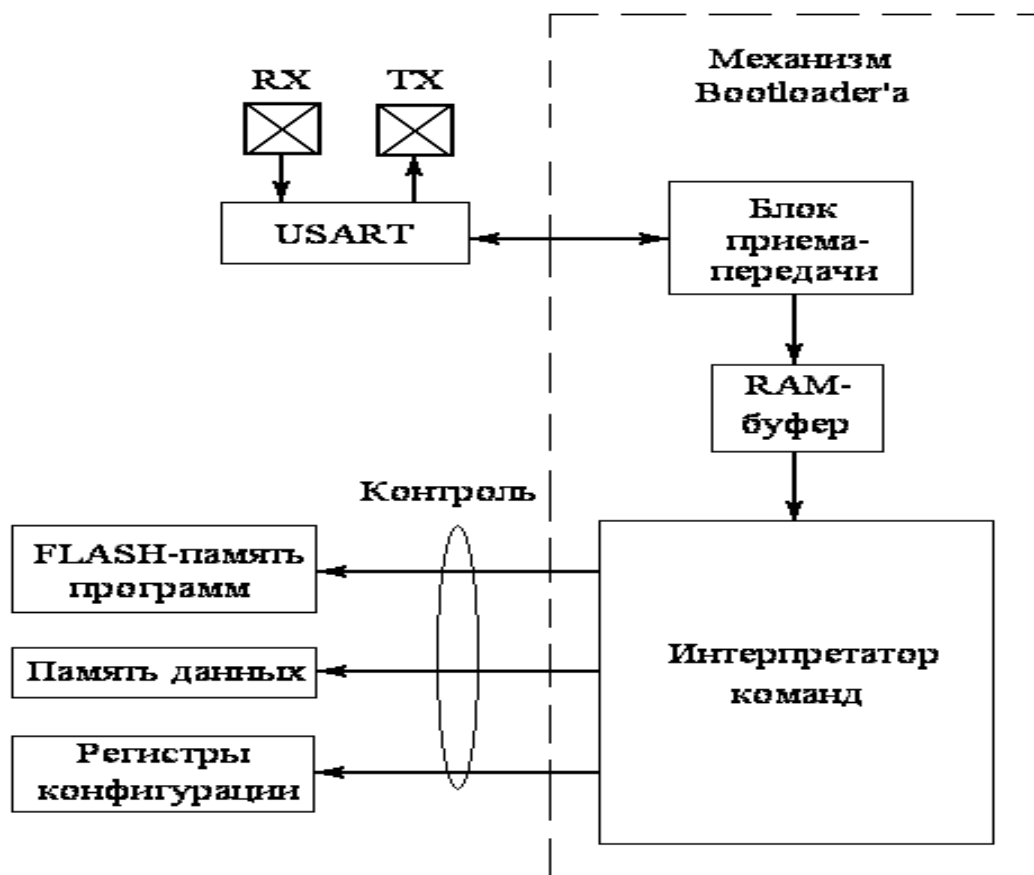


Рисунок 1 – Механизм работы boot-загрузчика

Запись boot-загрузчика в память микроконтроллера изменяет ее структуру, создавая в памяти программ boot-область. Основная программа (программа разработчика будет располагаться в памяти после нее). Размер boot-области в памяти зависит от модели микроконтроллера (в PIC16 – 256 байт, во всех более старших моделях – 512 байт).

Если первоначальная структура памяти программ представляла собой вид как на рис. А), то после записи в нее boot-загрузчика она представляет собой вид как на рис. Б). Поэтому необходимо внести изменения в linker-файл рабочей программы пользователя, т.е. переадресовать векторы сброса и прерываний на новые адреса.

Для соединения микроконтроллера и персонального компьютера используется следующая схема (рисунок 2).

Микросхема MAX232 является преобразователем уровней сигналов (конвертером). Все используемые конденсаторы являются необходимой «обвязкой», их значение определяется из руководства по эксплуатации («даташита») микросхемы. Разъемы com-портов платы и компьютера в данной работе соединяются нуль-модемным кабелем.

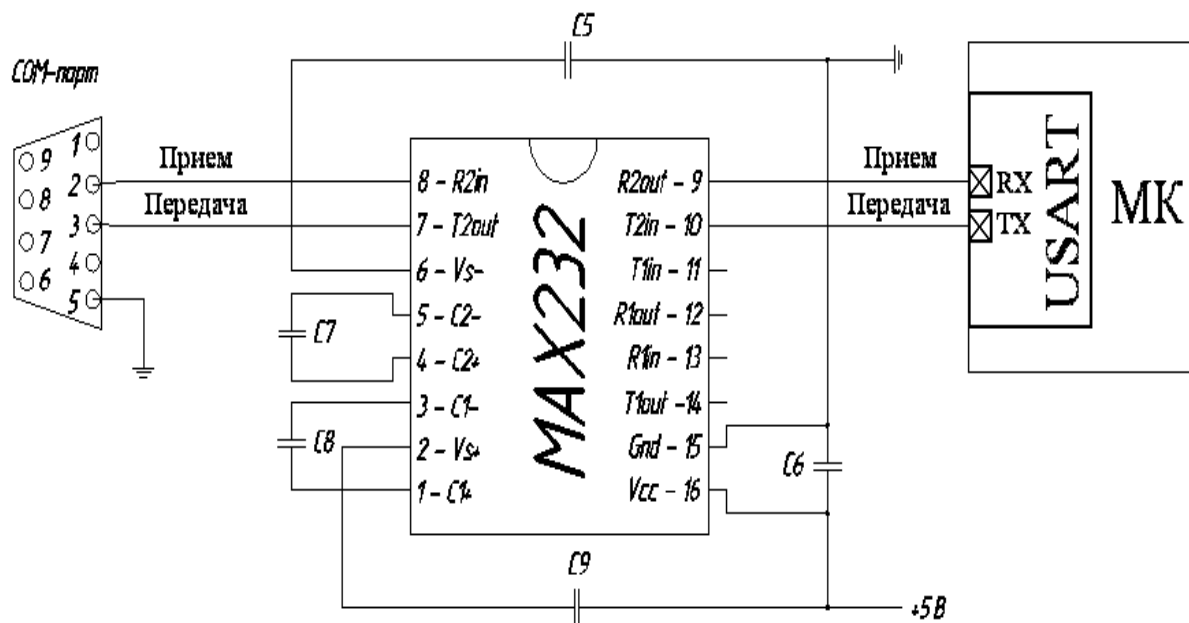


Рисунок 2 – Схема соединения микроконтроллера и персонального компьютера

Непосредственная запись программы пользователя осуществляется следующим образом. В программе PXXQP сначала задается файл прошивки и устанавливается соединение с микроконтроллером. Затем при нажатии клавиши “Write Memory” и при наличии в памяти микроконтроллера boot-загрузчика программа пользователя.

Использование технологии bootloader дает сразу несколько преимуществ. Во-первых, между платой устройства и компьютером нет никаких промежуточных устройств. Изделие, в данном случае наша схема, соединяется с ПК напрямую. Во-вторых, микроконтроллер соединяется с компьютером не 5-6 проводами, а только двумя, например, через стандартный интерфейс RS-232 [1] А главное, что для записи программы в память, микроконтроллер не вынимается, а находится на плате изделия (он может быть даже туда впаян). В итоге разработчик получает возможность обновления программы микроконтроллера от любого близлежащего компьютера.

#### Библиографический список

1. Журнал “РА” №2, 2006. – с. 46-50.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОТОРНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ

Маршев Д.А., Бургун С.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Кунинин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

Представлена модель асинхронного электродвигателя с микроконтроллерной системой векторного управления и независимыми каналами скорости и магнитного потока. Канал скорости трехконтурный, с внутренним контуром момента и подчиненным ему контуром тока. Канал магнитного потока двухконтурный, с подчиненным контуром тока. Регуляторы контуров программные, реализованы в микроконтроллере.

Ключевые слова: вагоноопрокидыватель, статический момент, микроконтроллер, моделирование, канал, регулятор, скорость, магнитный поток.

Вагоноопрокидыватель-сложной с *нелинейной зависимостью статического момента от угла поворота*. Изучение источников показало, что практически отсутствуют сведения по рациональному управлению механизмами такого рода. Поэтому представляется целесообразным выполнить дополнительные исследования и построение системы автоматического управления, учитывающей особенности циклограммы нагрузки вагоноопрокидывателя.

Вагоноопрокидыватель работает в жестких атмосферных условиях. Поэтому целесообразно применение дешевого, но высоконадежного электродвигателя на основе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Анализ источников, например, [1, 2], показал, что требованиям объекта удовлетворяет система «неуправляемый выпрямитель - полупроводниковый преобразователь частоты - асинхронный двигатель» с векторным управлением. Преимуществом этого класса систем является возможность синтеза регуляторов на основе принципа каскадного управления.

Резко переменная нагрузка накладывает требование обеспечения плавности переходных процессов, как при управлении, так и при изменении нагрузки. Плавность процессов управления легко обеспечило применение специального задатчика движения, ограничивающего темп и ускорение вращения вагоноопрокидывателя. Одновременно обеспечиваются апериодические переходные процессы при предельном быстром действии [3].

Система управления векторная, выполнена во вращающейся системе координат и построена по принципам подчиненного регулирования с независимыми каналами скорости и магнитного потока. Канал скорости трехконтурный, с внутренним контуром момента и подчиненным ему контуром тока. Канал магнитного потока двухконтурный, с подчиненным контуром тока. Регуляторы контуров программные, реализованы в микроконтроллере.

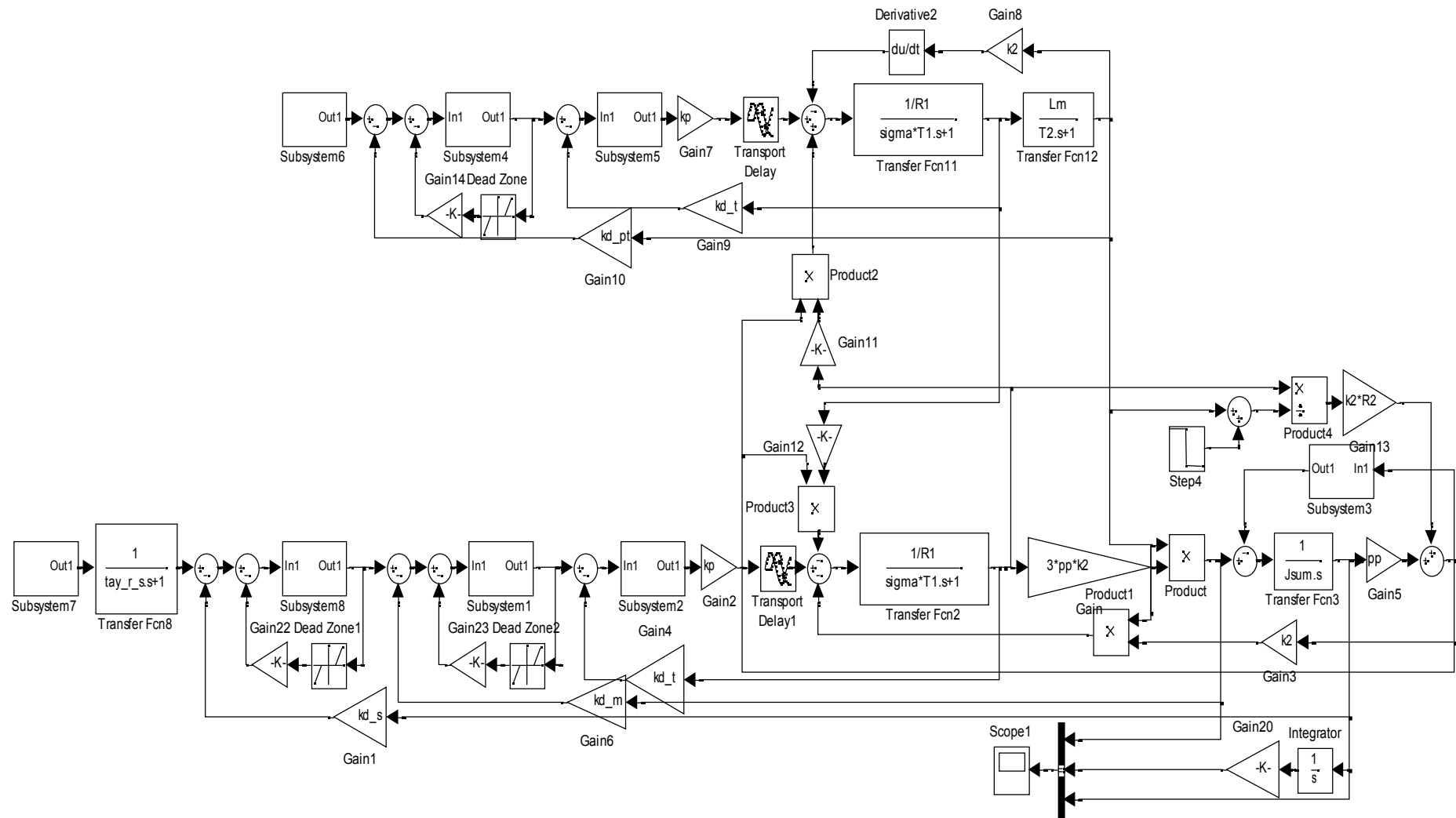


Рисунок 1 - Модель системы в Matlab - Simulink

Графики переходных процессов момента  $M$  и скорости  $W$  двигателя, угла поворота  $S$  при отработке операций разгрузки сыпучей руды и возврата порожнего вагона в исходное положение изображены на рисунке 2.

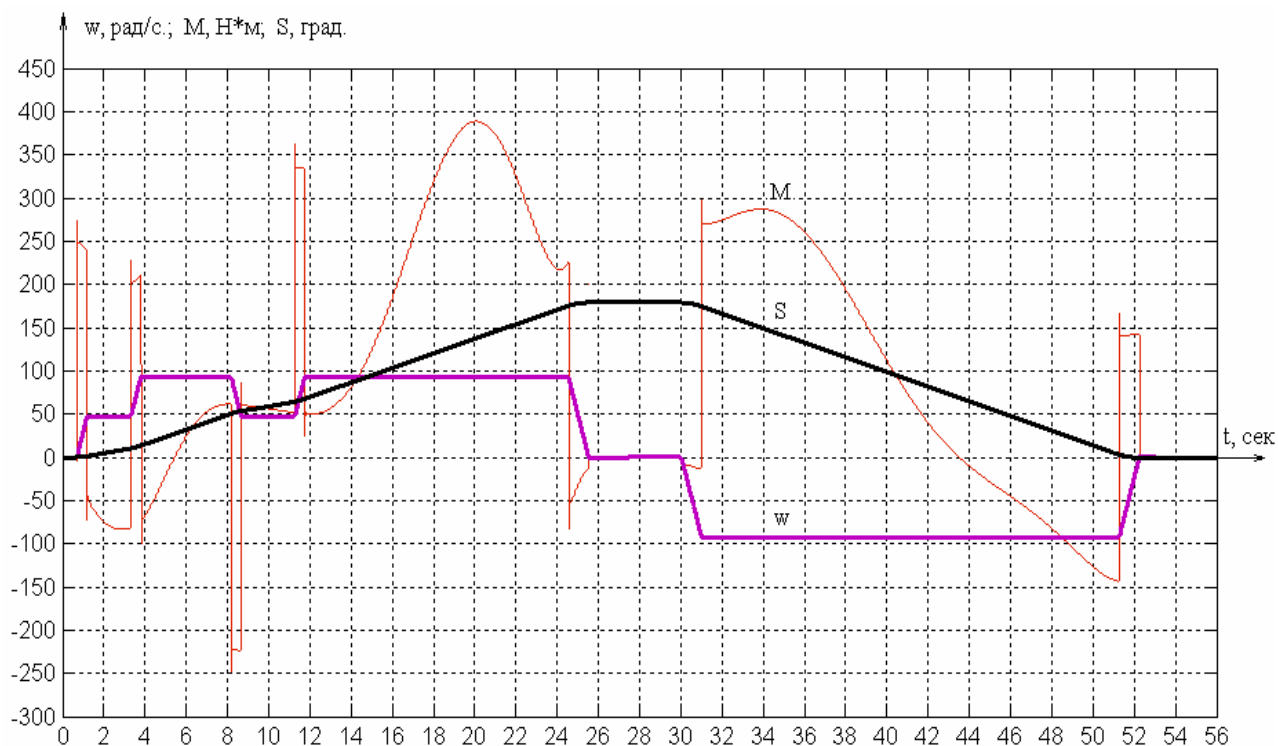


Рисунок 2 - Графики переходных процессов

Система управления реализована на микроконтроллерных регуляторах, синтезированных по аналоговым прототипам [4]. Программирование осуществляется с учетом ограничения и явления накопления выходов интегрирующих регуляторов [5]. Анализ полученных результатов показывает, что все необходимые технологические требования выполнены.

#### Библиографический список

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г.Соколовский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
2. Кунин П.Н. Микроконтроллеры в системах управления электроприводами механизмов с ограничением ускорения и темпа движения /Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Научные труды Третьей Всероссийской научно-практической конференции/ СибГИУ. Новокузнецк. 2006. с. 192-199.
3. Кунин П.Н. Синтез алгоритмов регуляторов систем с медленными и быстрыми движениями / П.Н. Кунин, Т.В. Богдановская / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VI Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2007. с. 407-411.
4. Кунин П.Н. Синтез алгоритмов и проблемы программирования микроконтроллерных систем управления / П.Н. Кунин, Ал-р.С. Дружилов,

Ар-м. С. Дружилов / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VI Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2007. с. 411-415.

5. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребен, М.Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

УДК 62-83(075.8)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ**

**Ненашев А.М.**

**Научный руководитель к.т.н., доцент Рыбаков А.И.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

В статье предлагается модель системы микроконтроллерного векторного управления асинхронным электродвигателем с отдельным высокоточным управлением скоростью и магнитным потоком для объектов с глубоким управлением и высокими динамическими требованиями и низкими затратами на изготовление и эксплуатацию.

Ключевые слова: микроконтроллер, асинхронный двигатель, управление, динамические требования.

Первоначально асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (АКЗ) применялся в системах скалярного управления. Недостаток метода - малый диапазон регулирования скорости и низкое качество динамических процессов. Переход на более совершенные системы управления с глубоким регулированием скорости АКЗ потребовал резкого увеличения модулей системы для математических расчетов и обработки сигналов. Стоимость системы векторного управления многократно превышала стоимость системы со скалярным управлением. С развитием микропроцессорной техники задача по реализации надежной и дешевой системы векторного управления значительно простилась, т.к. современные выпускаемые микроконтроллеры, предназначенные для управления электроприводами, включены все необходимые модули: АЦП, ШИМ, сигнальный процессор.

При построении высококачественного асинхронного электропривода с векторным управлением требуется на стадии проектирования качественно оценить преимущества и недостатки будущей системы управления, определить параметры системы.

Цель настоящего исследования - разработать компьютерную модель системы векторного управления АКЗ с подчиненным регулированием для

определения оптимальных параметров системы при дальнейшем программировании микроконтроллера.

Для создания компьютерной модели, использовался математический пакет. Модель системы представлена на рисунке 1. Для придания системе требуемых качеств синтезированы регуляторы, как в канале стабилизации потока, так и в канале регулирования скорости. Блок AC\_motor (рисунок 2) представляет собой виртуальную модель асинхронного электродвигателя. На вход модели подаются постоянные значения напряжений  $U_x$  и  $U_y$ . На выходе модели измеряются значения скорости, момента и частоты вращения ортогональной системы координат.

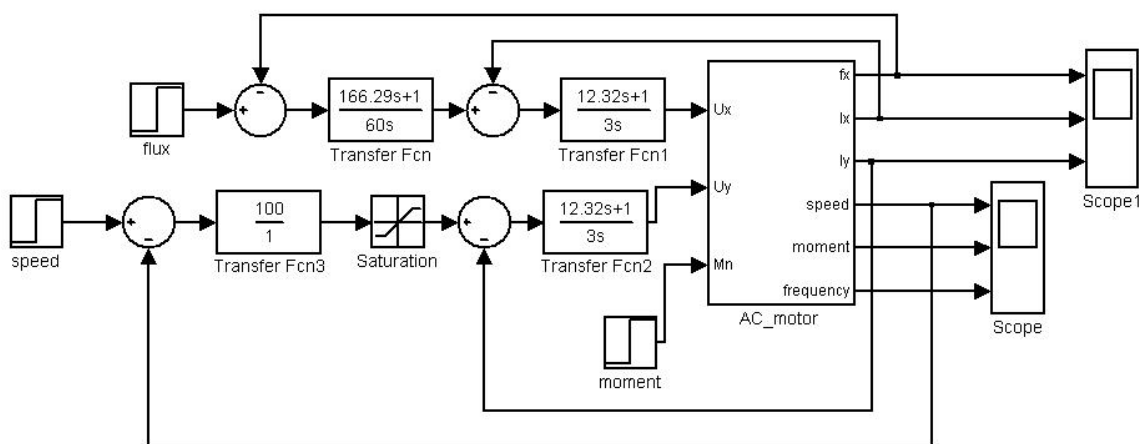


Рисунок 1 - Система векторного управления асинхронным двигателем

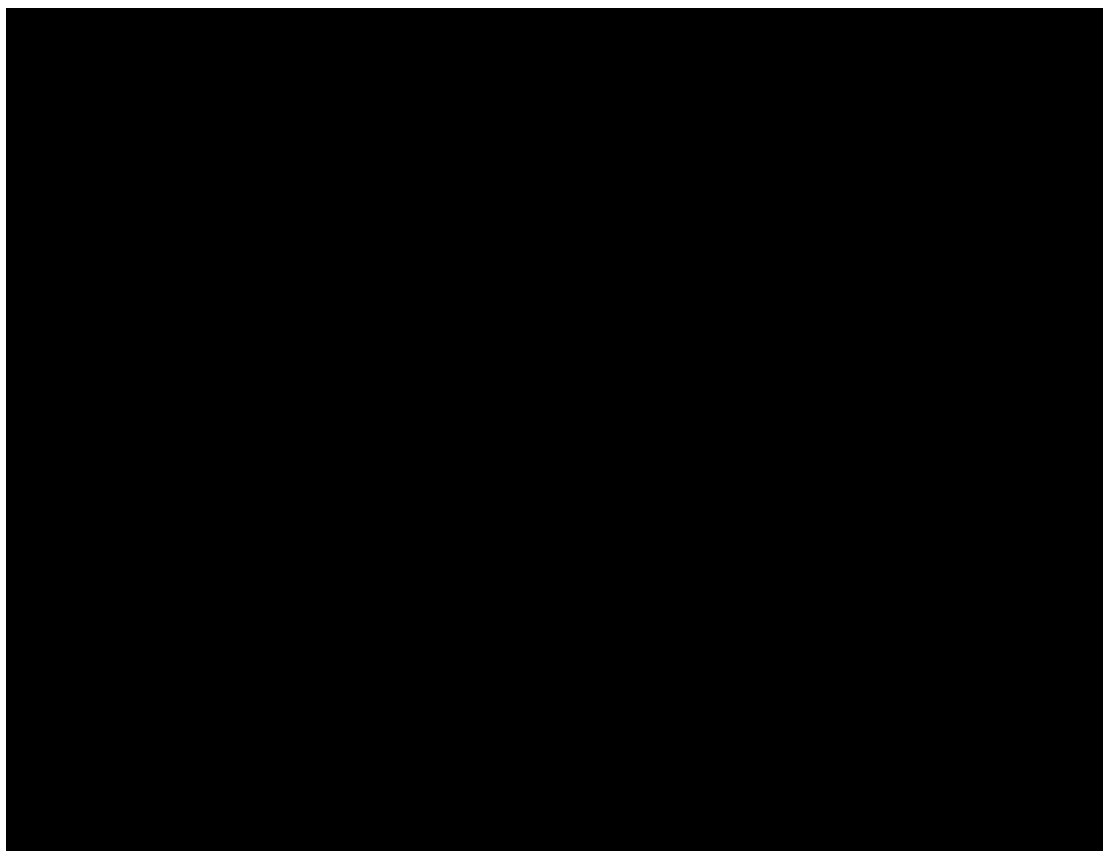


Рисунок 2 - Виртуальна модель АКЗ



Физические величины на выходе Transfer Fon и Transfer Fon1 представляют собой значения токов  $I_x$  и  $I_y$ , а на выходе Transfer Fon2 потокосцепление ротора. В модели (рисунок 2) учтено насыщения двигателя (блок Saturation). Для того чтобы избежать деления на ноль в начале моделирования добавлена малая постоянная (блок Constant). Переходные процессы скорости ротора и электромагнитного момента изображены на рисунке 3.

Таким образом, создана модель системы векторного управления АКЗ с подчиненным регулированием, которая достаточно точно отражает протекающие электромагнитные процессы при векторном управлении. На основании модели определены коэффициенты регуляторов для дальнейшего программирования микроконтроллера.

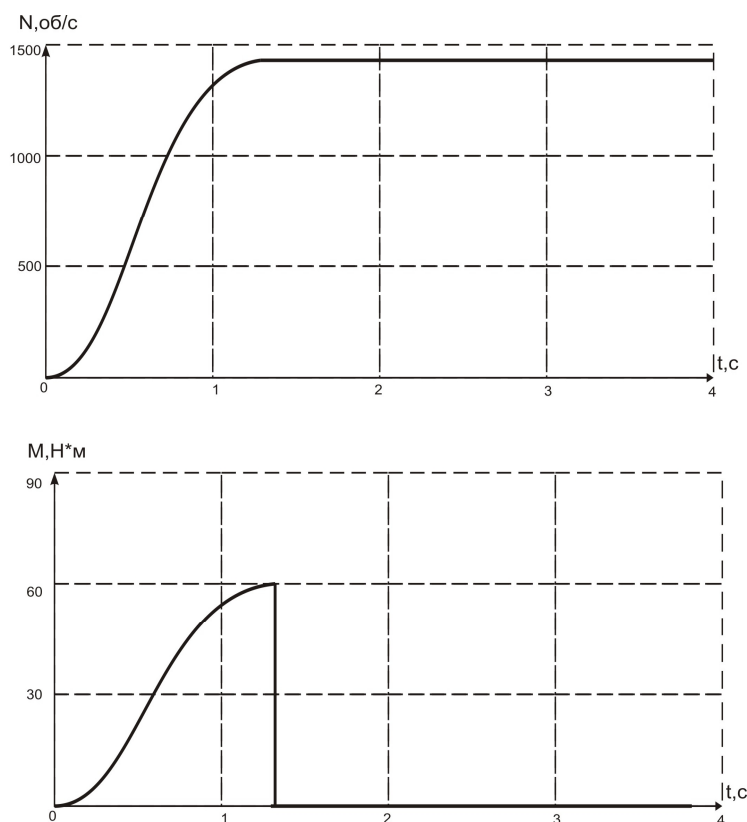


Рисунок 3 - Осциллограммы скорости ротора и электромагнитного момента

#### Библиографический список

1. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами.-Л.: Энергоиздат, 1982-392 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0:Учебное пособие – СПб. Корона принт, 2001. – 320 с.,ил.
3. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов.-М.:Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
4. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием, 2006 г.

## УПРАВЛЕНИЕ НАГРУЗКОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РЕЗАНИЯ

Ромашев И.Д.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Кунинин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

В работе предложена система управления нагрузкой электропривода резания по принципу подчиненного регулирования координат, работающая в условиях переменности параметров. Приводится оценка влияния неопределенности параметров объекта и забоя на процесс управления нагрузкой.

Ключевые слова: электропривод, параметры, переменный, нагрузка, резание, стабилизация.

Значительная доля отказов приходится на электропривод резания, оснащенного нерегулируемым асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором. Сложные горно-геологические условия и стохастический характер изменения нагрузок способствуют возникновению перегрузок и стопорения электродвигателя. В данной статье предложена система управления, устраняющая указанные недостатки.

Синтез нелинейного регулятора скорости подачи основывается на использовании метода точной линеаризации. Идея метода состоит в преобразовании координат нелинейной модели, в эквивалентную. При этом можно сформировать управляющее воздействие, компенсирующее нелинейность объекта управления.

Преобразование нелинейной модели выполняется использованием следующей формуле:

$$T_n(x_n, t) = z_n(t) = \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_n(t) \\ L_f g_n(t) \\ L_f^2 g_n(t) \end{pmatrix}, x_n(t) = T_n^{-1}(z_n, t), \quad (1)$$

где  $L_f^\rho g_n(t)$ ,  $\rho = 0, 1, 2$  - производные Ли скорости перемещения поршня вдоль векторного поля  $f$ . При использовании указанного метода исходная нелинейная модель разбивается на уравнения внешней (1) и внутренней динамики. В связи с тем, что ранг полученной матрицы (1) меньше размерности упрощенной модели, то в системе присутствует внутренняя динамика. В данном случае в качестве переменных, описывающих внутреннюю динамику, выбраны  $s_n$  и  $\eta_1 = s_n$ . При данном подходе модель, эквивалентная исходной нелинейной модели запишется в форме:

$$\dot{\eta}_2(t) = T_1 T_2 \cdot z_3(t) + (T_1 + T_2) \cdot z_2(t) + z_1(t), \quad (2)$$

$$\dot{\eta}_2(t) = \frac{nR_k l_{cmp} b_1}{B_{заб} R_m s_{порш}} \cdot \left( \frac{2\eta_1(t)}{\sqrt{a^2 - (b^2 - \eta_1^2(t))^2}} \cdot z_1(t) - \frac{2\eta_1(t-\tau)}{\sqrt{a^2 - (b^2 - \eta_1^2(t-\tau))^2}} \cdot z_1(t-\tau) \right), \quad (3)$$

$$\dot{z}_n(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ z_3(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} (a_n(x_n(t)) + b_n(x_n(t))), \quad (4)$$

$$y_n(t) = z_1(t) = \mathcal{G}_n(t). \quad (5)$$

При этом вектор выходных величин (5) совпадает с вектором выходных величин (2), а нелинейные функции  $a_n(x_n, t)$  и  $b_n(x_n, t)$  определяются следующим образом:

$$a_n(x_n, t) = L_f^2 \mathcal{G}_n(t), \quad b_n(x_n, t) = L_q (L_f^2 \mathcal{G}_n(t)). \quad (6)$$

Тогда выбор оператора управляющего воздействия в виде:

$$u_n(t) = \frac{1}{(b_n(x_n, t))(-a_n(x_n, t) + v_n(t))}, \quad (7)$$

приводит модель (7) к линейному виду посредством компенсации нелинейных функций  $a_n(x_n, t)$ ,  $b_n(x_n, t)$ ,

где  $v_n(t)$  - новое управляющее воздействие.

Формирование заданного переходного процесса выходной переменной  $v_n(t)$  осуществлялось методами модального управления. При этом структура корректирующего устройства выбрана в виде:

$$v_n(t) = K_y \cdot \varepsilon_n(t), \quad (8)$$

где  $\varepsilon_n(t)$  – рассогласование;

$K_y$  – вектор-строка, коэффициенты которого определены на основании расположения корней эталонного характеристического уравнения. Поскольку переменная вектора состояния не измеряемая, то в регулятор скорости перемещения поршня введена ее оценка по производным скорости перемещения поршня и непосредственно измеряемой переменной. При этом контур регулирования скорости перемещения поршня может быть представлен структурной схемой, изображенной на рисунке 1.

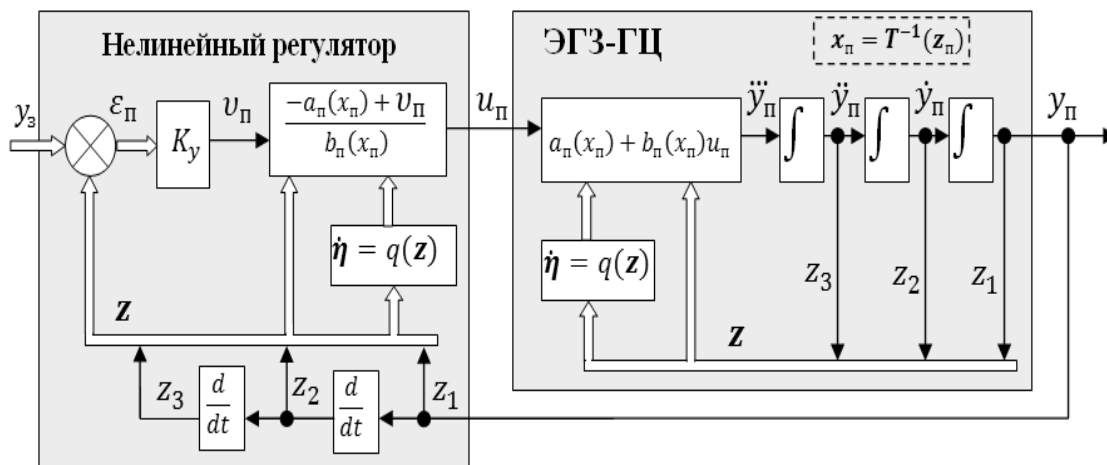


Рисунок 1 - Контур регулирования скорости перемещения поршня

Нелинейная составляющая (3) модели линеаризована путем разложения в ряд Тейлора. В связи с тем, что требуется обеспечить лишь устойчивость внутренней динамики, то необходимость в компенсации времени запаздывания отсутствует. При этом преобразованная модель с учетом введенных обратных связей (8) и линеаризованного уравнения (6) запишется в форме:

$$\dot{z}_n^{\text{ЭКВ}}(t) = A_n^{\text{ЭКВ}} \cdot z_n^{\text{ЭКВ}}(t) + T_n^{\text{ЭКВ}} \cdot z_n^{\text{ЭКВ}}(t - \tau) + B_n^{\text{ЭКВ}} \cdot y_3(t),$$

где  $z_n^{\text{ЭКВ}}(t) = [z_1(t), z_2(t), z_3(t), \eta_1(t), \eta_2(t), \eta_3(t)]^T$ ;  $A_n^{\text{ЭКВ}}$ ,  $T_n^{\text{ЭКВ}}$ ,  $B_n^{\text{ЭКВ}}$  - параметрические матрицы модели;  
 $y_3(t)$  – заданное значение выходной координаты.

Необходимым условием устойчивости синтезированного контура скорости перемещения поршня является отсутствие положительных корней характеристического уравнения вида:

$$D(\lambda) = \det \begin{pmatrix} A_{11} - \lambda E_{11} & 0 \\ A_{21} & A_{22} + T_{22} e^{-\lambda \tau} - \lambda E_{22} \end{pmatrix},$$

где  $A_{11}$  – параметрическая матрица модели внешней динамики размерностью  $\rho \times \rho$ ;

$A_{21}$  – параметрическая матрица переменных внешней динамики, входящих в состав внутренней динамики;

$A_{22}$  – параметрическая матрица модели внутренней динамики размерностью  $(n - \rho) \times (n - \rho)$ ;

$n$  – порядок исходной нелинейной системы;

$\rho$  – порядок модели внешней динамики;

$T_{22}$  – параметрическая матрица звеньев запаздывания;

$E_{11}, E_{22}$  – единичные матрицы. В таком случае нелинейный регулятор скорости подачи представляет собой совокупность из трех регуляторов

скоростей перемещений поршней гидроцилиндров привода подачи.

Оценка работоспособности синтезированного регулятора скорости подачи исполнительного органа выполнена на имитационной модели канала формирования нагрузок электропривода резания в системе MATLAB/Simulink. На рисунке 2 представлены переходные процессы тока электродвигателя при различных вариациях параметров ЭГЗ  $D$  и  $T_n^A$ .

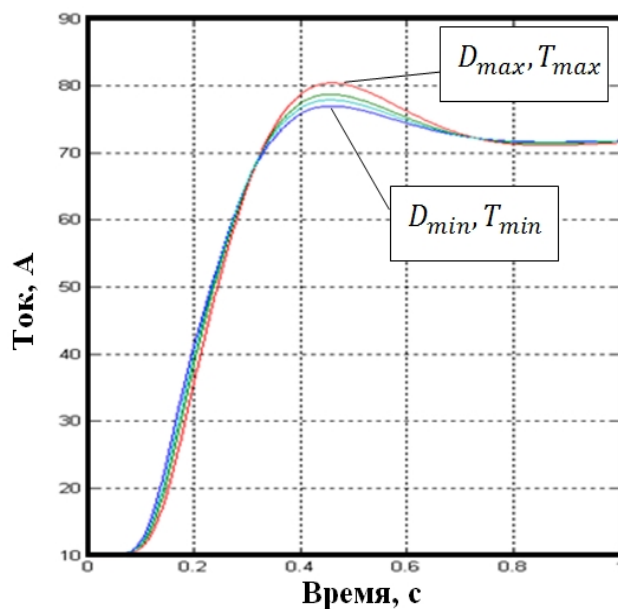


Рисунок 8 - Переходные процессы тока и напряжения электродвигателя

Максимальное значение тока от минимального отличается примерно на 3 %, что свидетельствует о нечувствительности параметров регуляторов к изменению параметров объекта управления.

УДК 62-83

## РЕГУЛЯТОР С ОГРАНИЧЕНИЕМ ВЫХОДА И ПРОТИВОНАКОПЛЕНИЕМ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

**Филимонов К.Е., Семченко В.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кунинин П.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, kpn37mn@zaoproxy.ru*

Ограничение выхода регулятора с интегрирующей составляющей, реализованного программно в микроконтроллере, условием "если больше, то принять значение ограничения", не приводит к действительному ограничению выхода. Изменение знака выхода произойдет тогда, когда сигнал обратной связи станет больше входного. В этот момент выход регулятора будет

больше уровня ограничения и на выходе будет действовать максимальный выход без перемены знака до момента выхода регулятора из ограничения. Как следствие имеет место существенное перерегулирование.

Ключевые слова: ограничение, противонакопление, ограничение накопления, микроконтроллер, регулятор без накопления.

В микроконтроллерных системах управления программирование регуляторов с ограничением только выходной переменной регулятора, как показано на рисунке 1, приводит к накоплению интегральной составляющей (сплошная кривая 3 на рисунке 2), хотя выход ограничителя поддерживается на уровне ограничения (пунктирная кривая 2 на рисунке 2). Это связано с тем, что ограничение выхода регулятора не останавливает процесс интегрирования, и выход регулятора превышает уровень на выходе ограничителя.

Штрих-пунктирная кривая 1 на рисунке 2 демонстрирует работу регулятора без накопления интегратора. В этом случае процессы протекают быстрее, чем при ограничении только выхода регулятора.

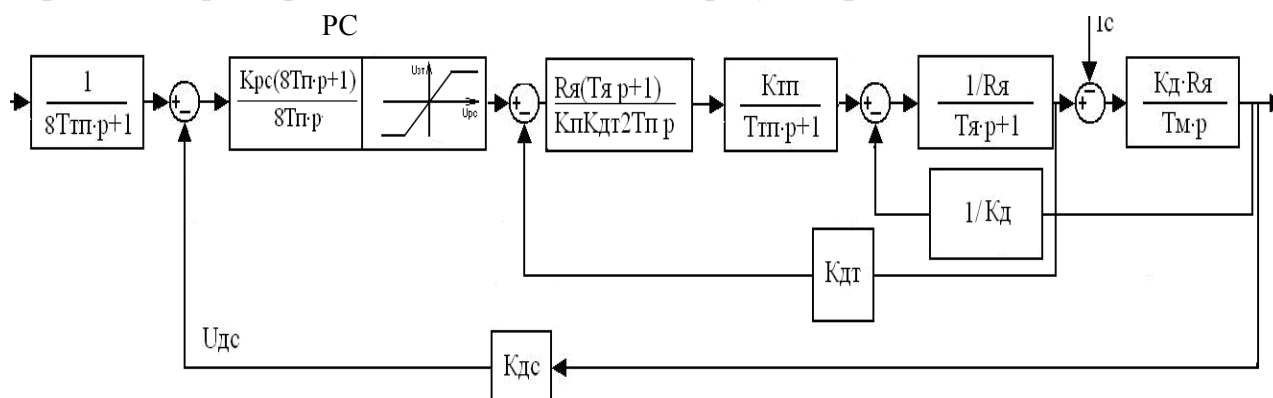


Рисунок 1 – Структурная схема системы электропривода с ПИ-регулятором скорости и блоком ограничения на выходе регулятора

Для создания программы регулятора любого порядка, позволяющего вводить ограничение без накопления интегральной составляющей, воспользуемся методом преобразования передаточной функции регулятора  $W_p(p)$  к системе уравнений состояния, суть которого изложена в работе [1]. Передаточной функции регулятора  $W_p(p)$  в общем виде:

$$\frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_n p^n + b_{n-1} p^{n-1} + \dots + b_2 p^2 + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}, \quad (1)$$

соответствует система уравнений состояния:

$$X_1^{(1)} = X_2, \quad (2)$$

$$X_2^{(1)} = X_3, \quad (3)$$

$$X_{n-1}^{(1)} = X_n, \quad (n-1)$$

$$X_1^{(n)} = X_n^{(1)} = -\frac{a_{n-1}}{a_n} X_n - \frac{a_{n-2}}{a_n} X_{n-1} - \dots - \frac{a_1}{a_n} X_2 - \frac{a_0}{a_m} X_1 + \frac{1}{a_n} U, \quad (n)$$

$$Y = b_n X_n^{(1)} + b_{n-1} X_n + b_{n-2} X_{n-1} + \dots + b_1 X_2 + b_0 X_1, \quad (4)$$

где (2), ..., (5) - уравнения состояния, (6) - уравнение выхода;

U – входное воздействие;

Y – выходная переменная регулятора, подлежащая ограничению.

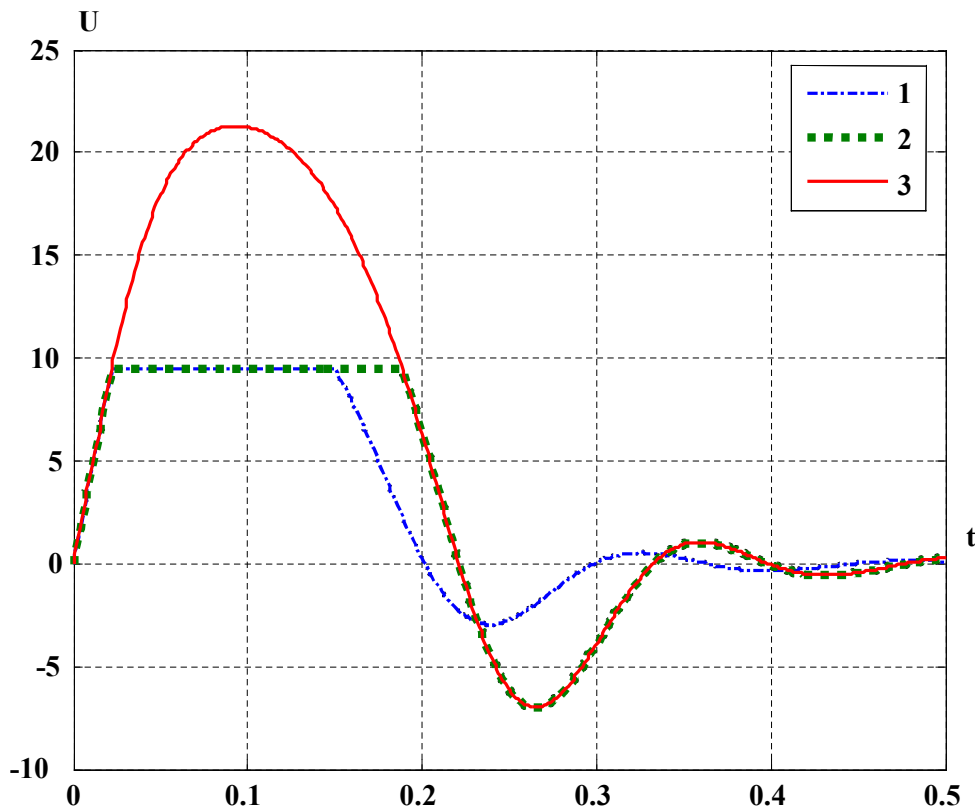


Рисунок 2 – Регуляторы с накоплением интегратора и без

Уравнения (2), (3), ..., (n-1) и (n) интегрируют правые части, которые не равны нулю. Поэтому при ограничении выхода регулятора правая часть уравнения (4) не равна левой части и продолжают расти. Происходит накопление сигнала правой части при ограниченном сигнале левой. Чтобы исключить это явление необходимо сохранить те значения переменных состояния правой части, которые имели место в момент достижения выходной переменной регулятора уровня ограничения до тех пор, пока выход регулятора не станет меньше уровня ограничения.

Сравним графики переходных процессов в случае использования обычного ПИ-регулятора с ограничением только выхода регулятора и предложенного варианта регулятора (они представлены на рисунках 2 и 3).

На рисунке 2 кривая 1 отображает выходное напряжение регулятора скорости с ограничением только выхода регулятора, а кривая 2 – выходное напряжение регулятора скорости с ограничением всех переменных.

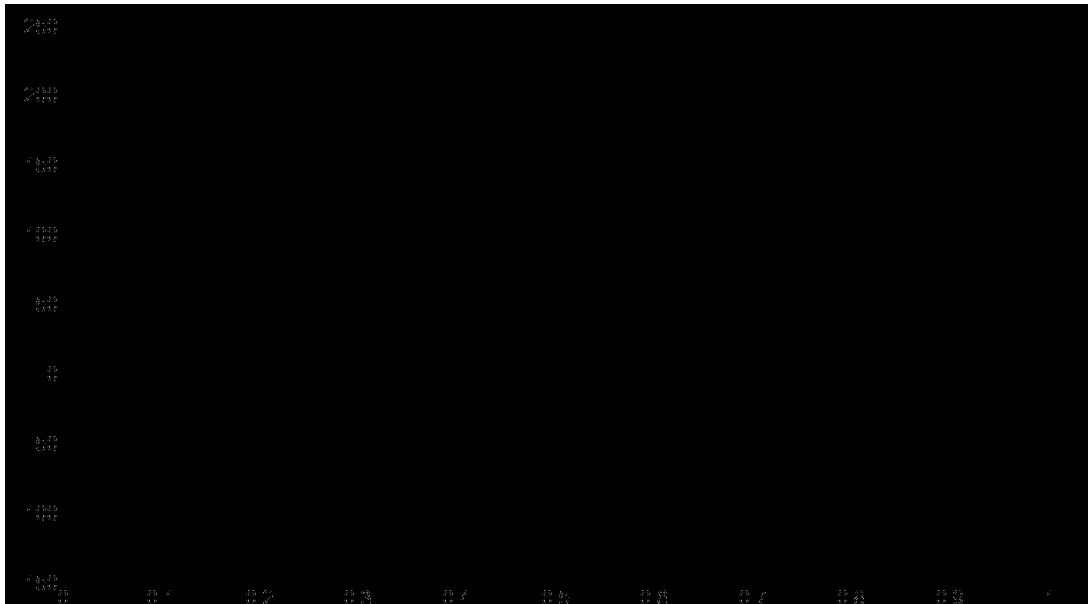


Рисунок 2 – Процессы тока якоря и скорости в обеих системах

На рисунке 3 чётко видно, что регулятор с ограничением только выхода дольше выходит из зоны ограничения за счёт накопления интегральной составляющей сигнала, в результате имеет место большой противоток, гасящий избыток энергии с большим перерегулированием скорости.

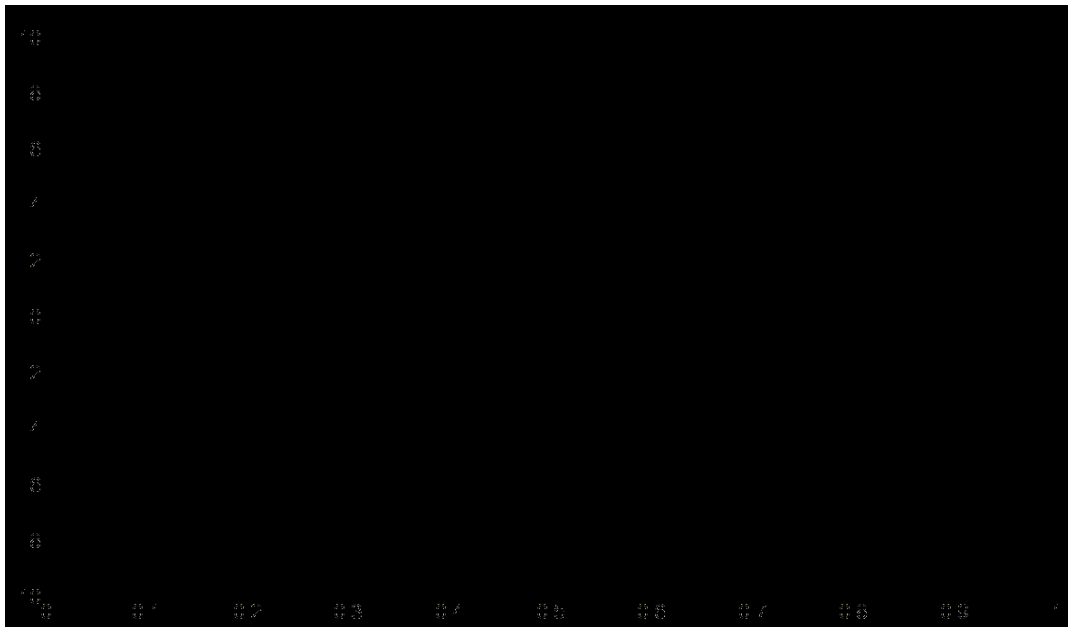


Рисунок 3 – Переходные процессы скорости в обеих системах

#### Библиографический список

1. Кунин П.Н., Дружилов Ал.С., Дружилов Ар.С. Синтез алгоритмов и проблемы программирования микроконтроллерных систем управления / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VI Всероссийской науч.-практич. конф «AS-2007»; – Новокузнецк.: СибГИУ, 2007. – С.312-316.



## **ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЯДОВ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УРОВЕНЬ СМЕРТНОСТИ МУЖЧИН ОТ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ**

**Баженова Е.С.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Киселева Т.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, [kis@siu.sibsiu.ru](mailto:kis@siu.sibsiu.ru)*

В работе представлены типовые методы прогнозирования такие как: простая сдвигка, метод Бокса – Дженкинса, Холта, Холта –Муира, релейно-экспоненциальной сглаживания с экстраполяцией; а также рассмотрены алгоритмы построения «наилучшего» и многовариантного прогнозаторов.

Ключевые слова: ряд данных, типовые методы прогнозирования, многовариантный прогнозатор.

Цель работы: спрогнозировать ряд данных, характеризующих уровень смертности мужчин от злокачественных новообразований, используя различные методы прогнозирования. Выбрать наиболее эффективный метод.

За последнее десятилетие количество людей, пораженных злокачественными новообразованиями по стране, в том числе и в Новокузнецке, увеличилось в несколько раз, и это число продолжает расти. В таких условиях крайне необходимо осуществлять прогноз уровня смертности для того, чтобы своевременно распознавать начала нежелательных тенденций, т.е. моменты, когда начинается устойчивый рост количества смертей, выявить причины повышения смертности и оперативно принимать решения, предотвращающие рост заболеваемости, приводящих к летальному исходу.

Информация об уровнях смертности предоставлена Кустовым медицинским информационно-аналитическим центром (КМИАЦ) города Новокузнецка. Данные зафиксированы в период с 2000 по 2013годы и разбиты по месяцам.

Предварительно был проведен анализ исходных данных, а именно:

- сравнение уровней мужской и женской смертности;
- анализ влияния видов наиболее распространенных злокачественных новообразований на уровень смертности.

На рисунке 1 приведены реализации, характеризующие смертность мужчин и женщин. Из рисунка видно, что количество смертей у мужчин больше, чем у женщин, т.е. вопрос об изучении уровня смертности мужчин стоит более остро, чем у женщин.

Было выявлено, что самый высокий процент смертности мужчин трудоспособного возраста наблюдается при злокачественных новообразованиях без

уточнения локализации, а также при злокачественных новообразованиях бронхов и легкого.

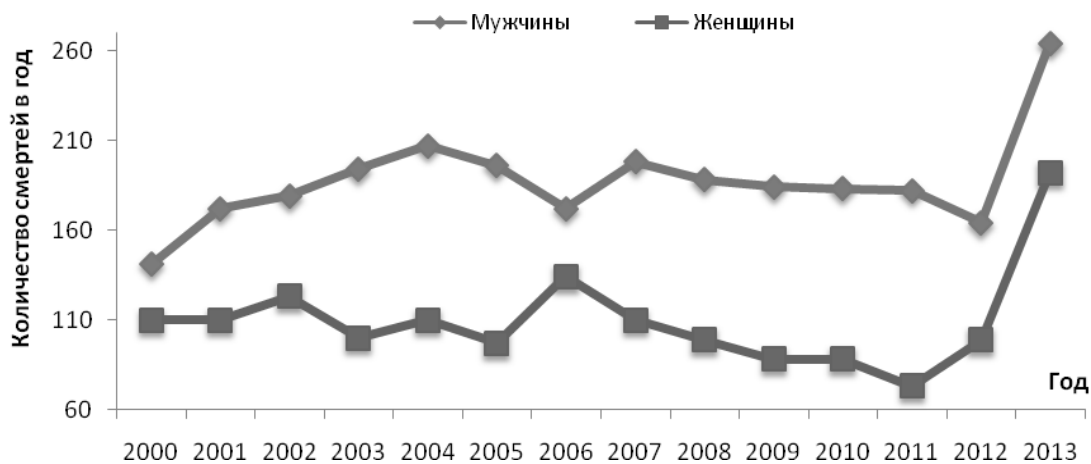


Рисунок 1 – Уровень смертности мужчин и женщин от злокачественных новообразований

На данном этапе прогнозирование проводилось по месяцам, так как количество накопленных данных не позволяет сделать прогноз на более длительный период.

Для использования типовых методов прогнозирования (простой сдвигки, методов Бокса-Дженкинса, Холта, Холта-Муира и релейно-экспоненциального сглаживания первого порядка с экстраполяцией) необходимо было в начале оптимизировать их настроечные параметры [1, С. 152-177]. Для этого была сделана постановка задачи поиска оптимальных настроечных параметров, в результате решения которой найдены оптимальные настройки, используемые в дальнейшем при применении этих методов.

Сравнение результатов прогнозирования, полученных различными методами при использовании их с оптимальными настройками, производилось также по средне-модульной ошибке (СМО) прогноза. Наименьшее значение СМО, равное 0,33, получено при использовании метода Бокса-Дженкинса, т.е. для данной реализации наиболее точный прогноз получен методом Бокса-Дженкинса.

На следующем этапе исследований сделана попытка улучшить прогноз путем выявления на каждом шаге наилучшего прогнозатора (по наименьшему текущему значению СМО) с рекомендацией его на следующий шаг прогнозирования.. Использование такого наилучшего прогнозатора позволило уменьшить СМО с 0,33 (полученное методом Бокса-Дженкинса) до 0,28.

В дальнейшем для улучшения качества прогноза был предложен многовариантный прогнозатор, в котором участвуют все используемые методы, а их прогнозные значения на каждом шаге прогнозирования затем суммируются с весовыми коэффициентами, уточняемыми в зависимости от полученного результата каждым прогнозатором. Коэффициенты, с которыми учиты-

ваются прогнозные значения, полученные при использовании каждого прогнозатора, зависят от полученного значения текущего СМО [2, С. 6-8]. На рисунке 2 показана исходная реализация, характеризующая количество смертей мужчин трудоспособного возраста, и прогнозная реализация, полученная многовариантным прогнозатором. Величина СМО получена равной 0,17, т.е. использование многовариантного прогнозатора позволило улучшить прогноз.



Рисунок 2 –Реализация данных, характеризующих смертность мужчин трудоспособного возраста от злокачественных новообразований, и прогнозные значения, полученные многовариантным прогнозатором

Таким образом, применение многовариантного прогнозатора позволило получить наилучший прогноз данного ряда. Прогноз на один месяц сделан на данном этапе потому, что представленный ряд данных не позволяет увеличить интервал прогнозирования. Однако предложенный многовариантный прогнозатор в дальнейшем, при накоплении необходимой информации, можно будет успешно применять и при больших интервалах прогнозирования, равных году, двум годам и т.д.

#### Библиографический список

1. Афанасьев В.Н. Моделирование и прогнозирование временных рядов / В.Н. Афанасьевы, Т.В. Лебедева. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 291 с.
2. Киселева Т.В. Многовариантный прогноз потребности населения г. Новокузнецка в лекарственных препаратах на базе нейросетевых технологий / Т.В. Киселева, А.С. Дружилов, А.В. Дейли // Материалы международной конференции «Инноватика-2010». – М.: Энергоатомиздат, 2019. – С. 6-10.

## АНАЛИЗ ОКОЛОМИНУТНЫХ КАРДИОРИТМОВ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

**Коурдакова О.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Кораблина Т.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,*

*г. Новокузнецк*

В данной работе рассматривается сложная структура диапазона Very Low Frequency (0,004–0,04 Гц) вариабельности сердечного ритма, обосновывается выделение поддиапазонов VLF100 и VLF50. На основе этого трехкомпонентная модель спектра вариабельности сердечного ритма (VLF, LF, HF) расширяется до четырехкомпонентной (VLF100, VLF50, LF, HF). Также изучаются взаимосвязи между вновь выделенными и уже существующими диапазонами.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца (BPC), Heart Rate Variability, очень медленные колебания, Very Low Frequency, спектральный анализ, вейвлет-преобразование и преобразование Гильберта-Хуанга,

Вариабельность сердечного ритма отражает работу сердечно-сосудистой системы и работу механизмов регуляции целостного организма. Метод основан на распознавании и измерении временных интервалов от одного удара сердца до следующего. Значения кардиоинтервалов образуют динамические ряды, которые в последующем анализируются различными математическими методами [1, С. 27-29].

Анализ вариабельности ритма сердца начал активно развиваться еще в 60-е годы прошлого века, однако до сих пор считается сравнительно новым методом исследования. Данный факт объясняется регулярным обновлением методических подходов, а также бурным развитием способов анализа динамической последовательности кардиоинтервалов.

Сложная структура колебаний кардиоритма показывает, что она может состоять из независимых по своим свойствам и поведению колебаний различных периодов, что обуславливает целесообразность применения методик спектрального анализа [2, С. 43-44].

Периоды колебаний вариабельности ритма сердца делятся на четыре частотных диапазона: HF – high frequency, высокие частоты – 0,16-0,5 Гц; LF – low frequency, низкие частоты – 0,05-0,15 Гц; VLF – very low frequency, очень низкие – 0,0033-0,04 Гц; ULF – ultra-low frequency, ультранизкие – 0,0033 Гц и менее. В коротких записях сердечного ритма преимущественно рассматривается только три диапазона: HF, LF, VLF. Многолетний опыт исследований BPC показывает, что каждый диапазон колебаний BPC содержит разнообразную физиологическую информацию [3, С. 88]. Посредством не-

прерывного временного вейвлет-анализа показано, что VLF-диапазон спектра ВРС (от 0,004 до 0,04 Гц) является сложным двух- или трехкомпонентным образованием. Для анализа традиционно используют ряды кардиоинтервалов длиной в 256 отсчетов, при этом, длительность периода записи сердечного ритма составляет примерно 5 минут. Однако в условиях 5-минутной записи кардосигнала путем регистрации 256 кардиоинтервалов невозможно полноценным образом изучить сложной структуры компонента VLF. Поэтому возможности анализа были расширены путем увеличения длительности записи кардиоинтервалов, а также привлечения других методов, позволяющих пронаблюдать частотно-временные характеристики кардосигналов.

В рамках сбора первичных данных было проведено обследование 15 здоровых человек в возрасте 18-24 лет. На рисунке 1 приведены динамические частотные спектры ВРС молодой здоровой женщины 22 лет полученные с помощью вейвлет преобразования и преобразования Гильберта-Хуанга. Трехкомпонентный спектр VLF хорошо визуализируется как при анализе с помощью преобразования Гильберта-Хуанга (рисунок 1, а), так и при вейвлет анализе (рисунок 1, б).

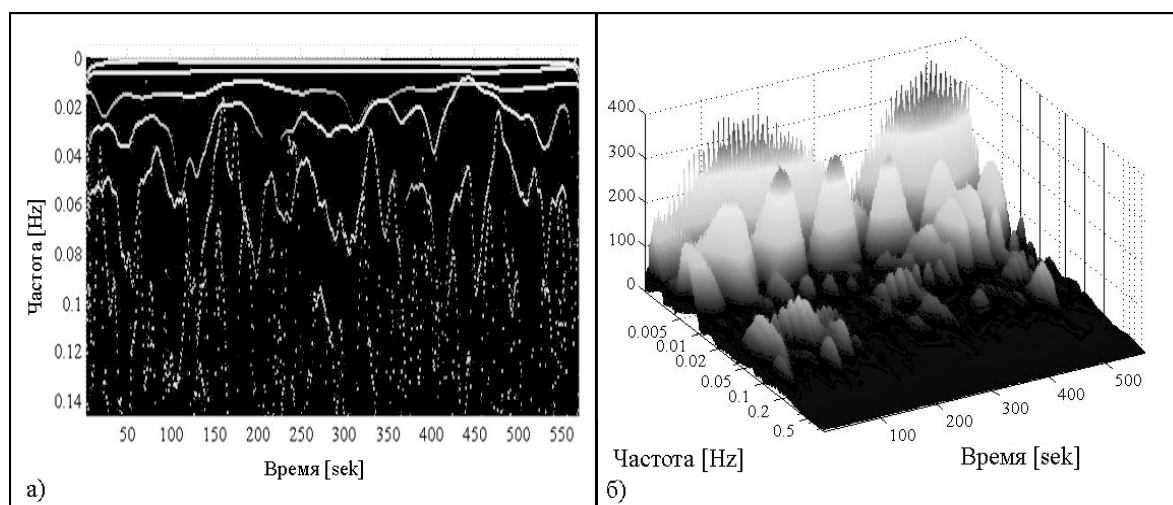


Рисунок 1 - Динамический частотный спектр ВРС а) преобразования Гильберта-Хуанга. б) спектральный вейвлет анализ

Обобщая результаты спектрального анализа описывающих состояние человека кардиоинтервалов, проведенного с применением вейвлет-преобразования и преобразования Гильберта-Хуанга, следует отметить общность полученных выводов. Согласно результатам спектрального анализа, диапазон VLF (от 0,004Гц до 0,04Гц) является трехкомпонентным, а колебательные процессы в области 50, 100 и 200 секунд могут регистрироваться раздельно.

Для последующей их количественной оценки целесообразно выделить следующие диапазоны анализируемых частот спектра ВРС:  $0,01 \pm 0,005$ Гц (VLF100);  $0,02 \pm 0,005$  Гц (VLF50); 0,08 – 0,12 Гц (LF); 0,15 – 0,35Гц (HF).

С помощью быстрого преобразования Фурье была произведена количественная оценка мощности следующие диапазоны анализируемых частот спектра ВРС: VLF100 ( $0,01 \pm 0,005$  Гц) и VLF50 ( $0,02 \pm 0,005$  Гц). Отношение мощности VLF50 к VLF100 продемонстрировало низкую реактивность на функциональную пробу сохраняя соотношением близким к 0,5. Данный факт имеет большое значение в медицинской интерпретации, поскольку свидетельствует об особой роли выявленных диапазонов в поддержании внутреннего гомеостаза человеческого организма. В силу деления диапазон VLF на поддиапазоны, модель спектра ВРС становится четырехкомпонентной [4, С. 12-14].

После этого стал актуален вопрос о раскрытии взаимосвязей между вновь выделенными (VLF100, VLF50) и уже существующими компонентами спектра (LF, HF). В рамках сбора первичных данных было проведено обследование 18 здоровых человек в возрасте 18-24 лет. Было выявлено, что у женщин в исходном состоянии наблюдаются сильная линейная связь между VLF100 и VLF50, а также связи средней силы между VLF100 и LF, VLF100 и HF. При умственной нагрузке связь VLF100 и VLF50 ослабляется до средней, VLF100 и HF сохраняет свою силу, а также возникает новое взаимодействие средней силы между VLF50 и HF. Дыхательная нагрузка приводит к тому, что все связи ослабевают, кроме взаимодействия VLF50 и LF, которое сохраняет среднюю силу. У мужчин же исходное состояние характеризуется наличием связей средней силы между VLF50 и VLF100, VLF50 и LF, VLF100 и LF. При умственной нагрузке наблюдается усиление взаимосвязи VLF50 и LF, а также регистрируется связь средней силы VLF100 и LF. При дыхательной нагрузке вновь образуется линейная связь средней силы между VLF50 и VLF100, VLF100 и LF.

#### Библиографический список

1. Яблучанский Н.И. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу/ Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко. - Харьков, 2010.- 131с.
2. Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике/ А.Н. Флейшман, Мин-во здрав.и соц. разв. РФ, Новокузнецкий гос. ин-т усоверш. врачей, Учр. Рос.акад. мед. наук, НИИ КПГПЗ СО РАМН. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009.- 194 с.
3. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике/ А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Наука. Сиб. Предприятие РАН, 1999.- 264 с.
4. Сложная структура и нелинейное поведение Very Low Frequency вариабельности ритма сердца: модели анализа и практические приложения/ А.Н. Флейшман, Т.В. Кораблина, С.А. Петровский, И.Д. Мартынов// Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика - 2014.- т.22 - №1. С. 87-96.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ИНЖЕНЕРА ПО ОХРАНЕ ТРУДА ООО «СИБМОНТАЖЭНЕРГО»**

**Устюжанина К.И.**

**Научный руководитель: Нижельский С.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, [www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)*

В данной работе приведен обзор и анализ существующих автоматизированных рабочих мест по охране труда, выбрана система-прототип, сделан ее анализ с указанием основных достоинств и недостатков, изучены современные подходы к разработке АРМ, разработана конфигурация для автоматизированного рабочего места для инженера по охране труда на платформе 1С: Предприятие 8.3.

Ключевые слова: охрана труда, автоматизированное рабочее место, конфигурация, платформа 1С: Предприятие 8.3.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения автоматизированного рабочего места инженера по охране труда на предприятии. В качестве предприятия, для которого разработана АРМ, взята строительная компания ООО «СибМонтажЭнерго».

Для реализации поставленной цели проведен анализ функциональных обязанностей инженера охраны труда. В работе показано, что на сотрудника возложены обязанности ведения большого количества бумажной документации, часть которой состоит из документов с повторяющейся или не сильно изменяющейся содержательной частью. Кроме того, он должен владеть оперативной и текущей информацией, которая подвержена быстрому изменению. Основное преимущество предлагаемого АРМа заключается в том, что данная разработка для сотрудников охраны труда позволит все основные операции по накоплению, хранению и переработке информации перенести на вычислительную технику, а за счет автоматизации обработки информации сократится время на принятие управленческих решений, повысится качество обработки информации и производительность работы специалиста [1, С. 45-49; 2, С. 109-112.].

В начале работы были рассмотрены и проанализированы пять наиболее популярных систем. Проанализирована система-прототип со всеми видами обеспечения. В качестве системы-прототип выбрана действующая на предприятии система, которая реализует все функции инженера охраны труда. Однако большая часть информации хранится в виде документов на бумажных носителях (рисунок 1), которые заполняются вручную и в виде неструктурированных документов в цифровых форматах (Word, Excel).

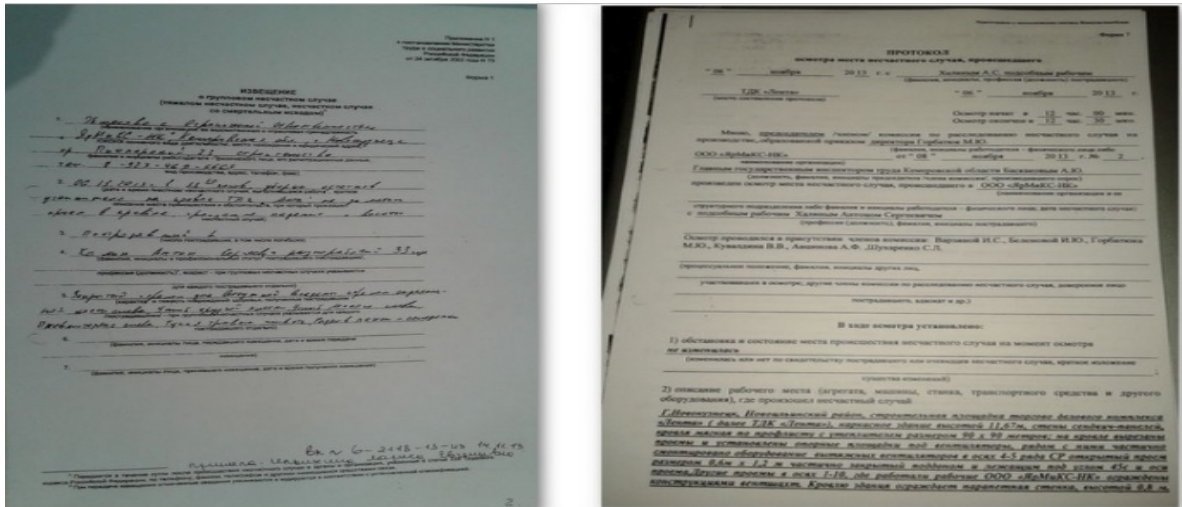


Рисунок 1 – Акт о несчастном случае на производстве и протокол осмотра места происшествия

В процессе описания АРМ сформулированы требования к системе, и на основании этих требований была сделана постановка задачи создания автоматизированного АРМа: описаны подходы, методы, инструменты и результаты решения. В ходе разработки на базе платформы «1С: Предприятие» были созданы необходимые справочники и документы, которые содержат все основные данные о предприятии, работниках, инструктажах, аттестациях и медицинских осмотрах. Далее разработан рабочий стол программы, который был разделен на две подсистемы – «Предприятие» и «Охрана труда» [3, С. 17-19; 4, С. 121-123.]

Последним этапом решения задачи является создание отчетов, которые позволили ускорить процедуру предоставления данных о сотрудниках, проведенных инструктажах, пройденных медицинских осмотрах и результаты аттестаций персонала. Дополнительно добавлены приказы, акты о несчастных случаях и протокол осмотра (рисунок 2).

<p style="text-align: right;">Форма 2 Форма Н-1</p> <p style="text-align: center;">Один экземпляр направляется пострадавшему или его доверенному лицу</p> <p>УТВЕРЖДАЮ Осипов В. С.</p> <p>(Подпись, фамилия, инициалы работодателя (его представителя)) " " 20 г.</p> <p>Печать</p> <p style="text-align: center;">АКТ № _____ О НЕЩАСНОМ СЛУЧАЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ</p> <p>1. Дата и время несчастного случая _____ 02 февраля 2014 г. 00:00:00 (число, месяц, год и время происхождения несчастного случая, количество полных часов от начала работы)</p> <p>2. Организация (работодатель), работником которой является (являлся) пострадавший Общество с ограниченной ответственностью "СибМонтажЭнерго" (наименование, место нахождения, юридический адрес, ведомственная и отраслевая принадлежность (ОКОНУ основного вида деятельности); фамилия, инициалы работодателя)</p> <p>Наименование структурного подразделения _____ Производство _____ (физического лица)</p>	<p style="text-align: right;">Форма 7</p> <p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ ОСМОТРА МЕСТА НЕЩАСНОГО СЛУЧАЯ, ПРОИСШЕДШЕГО</p> <p>2 февраля 2014 г. _____ С. Козлов В. П. Бетонщик (фамилия, инициалы, профессия (должность) пострадавшего) " " 200 г.</p> <p>(место составления протокола)</p> <p>Осмотр начал в _____ 12 час. 15 мин. Осмотр окончен в _____ 14 час. 00 мин.</p> <p>Мною, председателем (членом) комиссии по расследованию несчастного случая на производстве, образованной приказом Общества с ограниченной ответственностью "СибМонтажЭнерго" _____ (фамилия, инициалы работодателя – физического лица либо наименование организации) от " " 200 г. № _____</p> <p>(должность, фамилия, инициалы председателя (члена комиссии), производившего осмотр)</p> <p>произведен осмотр места несчастного случая, происшедшего в _____ ООО "СибМонтажЭнерго" _____ (наименование организации и ее структурного подразделения либо фамилия и инициалы работодателя – физического лица, дата несчастного случая)</p> <p>С. Бетонщик Козлов В. П. (профессия (должность), фамилия, инициалы пострадавшего)</p> <p>Осмотр проводился в присутствии _____ Сотрудник Хабарова В. В. Сотрудник Зяблина Е. Д. (процессуальное положение, фамилия, инициалы других лиц)</p>
--	--

Рисунок 2– Акт несчастный случай на производстве и протокол осмотра места происшествия



## Библиографический список

1. Степанова Е.Е. Техническое обеспечение деятельности. / Е.Е.Степанова, Н.В.Хмелевская - М.: Форум, 2010. – 192 с.
2. Острейковский В.А. Информатика /В.А. Острейковский, И.В. Полякова. – М.: Оникс, 2008. – 608 с.
3. ГОСТ 24003-84 «Проектирование АРМ». – Введено 11.11.92. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 33 с.
4. Дорофеев С.Т. Автоматизация рабочего места. Виды и классификация АРМ./ С.Т. Дорофеев, Л.Н. Агаджанова – М.: СОЮЗ, 2005. – 246 с.

УДК 681.5.015 (075)

### **АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИЙ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УРОВЕНЬ СМЕРТНОСТИ МУЖЧИН ПО ПРИЧИНЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

**Шатова Ю.Е.**

**Научный руководитель: д.т.н., профессор Киселева Т.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, [kis@siu.sibsiu.ru](mailto:kis@siu.sibsiu.ru)*

В работе приведены результаты совместного использования методов структурного анализа и типовых методов прогнозирования, разработан алгоритм совместного их использования для надежного распознавания начала растущей тенденции смертности мужчин по причине сердечно-сосудистых заболеваний, позволяющий принимать правильные и своевременные решения соответствующими органами здравоохранения для предотвращения развития нежелательных тенденций.

Ключевые слова: реализация данных, структурный анализ, типовые методы прогнозирования, принятие решения.

Целью данной работы: является своевременное выявление тенденций, сигнализирующих о повышении уровня смертности мужчин из-за сердечно-сосудистых болезней для выявления причин и принятия решений направленных на изменение данной тенденции в желаемую сторону.

В последние годы в г. Новокузнецке наблюдается высокий уровень смертности среди жителей, поэтому данная тема исследования является актуальной. Необходимо распознать причины, вызывающие увеличение смертности, а также знать будущее состояние уровня этого показателя, для того чтобы принимать соответствующие меры по устранению этих причин и достижению более благоприятных показателей.

На основе полученных данных о смертности населения в период с 2000 по 2013 годы был сделан анализ этих данных для выявления их особенностей. Визуальный анализ реализации показал, что начиная с 2005 года, наблюдается устойчивый спад этого показателя при достаточно высоком общем уровне смертности. Далее данные были разделены по половому признаку. В результате анализа выявлено, что мужская смертность значительно превышает женскую. В дальнейшем все данные были разделены на три группы по возрастному признаку: дети – от 0 до 17 лет; люди трудоспособного возраста – от 18 до 65 лет и пенсионного возраста, начиная с 66 лет. В результате анализа было установлено, что наибольший уровень смертности приходится на людей трудоспособного возраста. При исследовании заболеваний, в результате которых наступала смерть, установлено, что самые высокие показатели смертности получены из-за болезни сердца. Из этих данных и была сформирована исследуемая в дальнейшем реализация данных.

Для выявления начала нежелательных тенденций на реализации смертности использованы методы структурного анализа (разнотемповые сглаживатели, Момент, Норма Изменения и MACD) [1, С. 124-140], а также типовые методы прогнозирования (метод простой сдвигки, релейно-экспоненциальный сглаживатель I-го порядка со сдвижкой, методы Холта, Холта-Муира и Бокса-Дженкинса) [2, С. 152- 177].

Для запуска методов структурного анализа необходимо вначале осуществить поиск оптимальных настроечных параметров. Для решения этой задачи строилась условно-образцовая кривая с выделенными на ней особыми точками, которые соответствуют моменту начала изменения тенденции на исходной реализации. Условно-образцовая кривая – это такая трендовая составляющая, которая наилучшим образом удовлетворяет двухкомпонентному критерию, включающему две компоненты: точностную и гладкостную. Условно-образцовая кривая играет роль эталонной кривой при поиске оптимальных настроечных параметров; причем те из них считаются оптимальными, при которых методы структурного анализа ближе всего распознают моменты изменения тенденций к тому, что выделила условно-образцовая кривая. Степень близости оценивается с помощью средне-модульного отклонения.

После этого методы структурного анализа запускаются на исследуемой реализации и выделяют на ней моменты изменения тенденций. Первыми сигнализируют методы, которые заранее распознают особые точки (Момент и Норма Изменения), а затем с запаздыванием срабатывают методы, которые определяют моменты изменения тенденций после того, как они уже изменились (разнотемповые сглаживатели и MACD).

Для снижения числа ложных сигналов об изменении тенденции и принятии неверных решений предложен алгоритм совместного использования методов структурного анализа и методов прогнозирования (рисунок 1).

Для использования методов прогнозирования сделана постановка и решена задача оптимизации настроек методов.

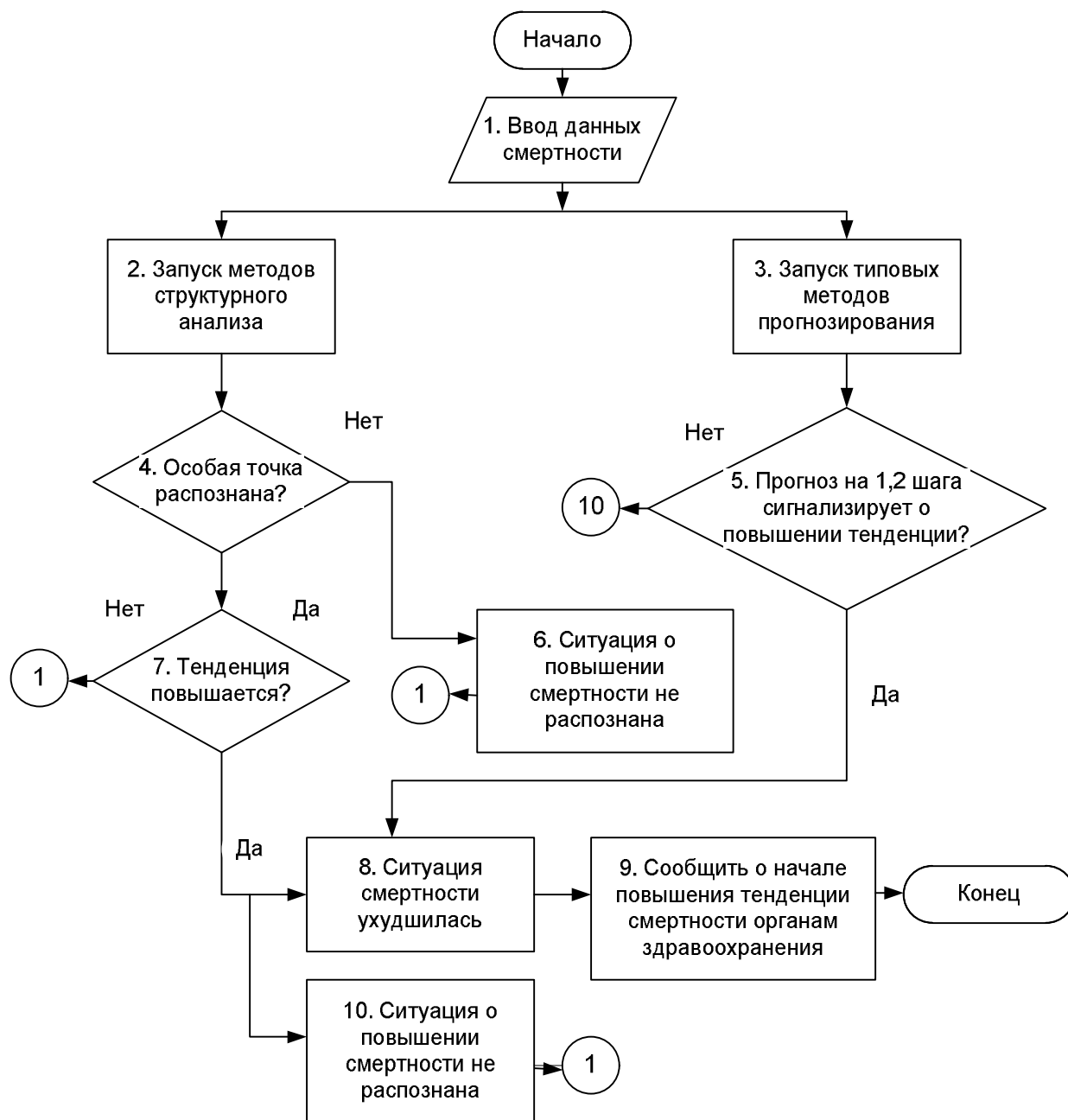


Рисунок 1 –Блок схема алгоритма совместного применения методов структурного анализа и методов прогнозирования

#### Библиографический список

1. Киселева Т.В. Структурный анализ временных последовательностей данных: монография / Т.В. Киселева и др.–Новосибирск: Талер-Прес, 2004.- 198 с.
2. Афанасьев В.Н. Моделирование и прогнозирование временных рядов/ В.Н. Афанасьев, Т.В. Лебедева. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 291 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>I. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ.....</b>	<b>3</b>
<b>Бендре Ю.В., Зенцова С.В., Емельянов И.В.</b> Термодинамические характеристики реакции газовой коррозии титана в тетрахлориде углерода.....	3
<b>Алсараева К.В., Комиссарова И.А., Воробьев С.В.</b> Влияние электронно-пучковой обработки на усталостную долговечность материалов.....	5
<b>Неустроев А.А., Коваленко В.В.</b> Зеренная структура стали 08X18H10T.....	7
<b>Неустроев А.А., Коваленко В.В.</b> Анализ параметров тонкой структуры конструкционной стали.....	9
<b>Неустроев А.А., Коваленко В.В.</b> Влияние интенсивной пластической деформации на процессы микроскопического уровня в стали 9ХФ.....	11
<b>Шукаленков П.М., Коваленко В.В.</b> «Наноматериалы и нанотехнологии» - новый перспективный профиль подготовки Сибирского государственного индустриального университета.....	14
<b>Косинов Д.А., Комиссарова И.А., Бондаренко К.Ю., Мартусевич Е.А.</b> Модификация структуры и фазового состава конструкционной стали при наводороживании.....	17
<b>Комиссарова И.А., Бондаренко К.Ю., Загуляев Д.В., Мартусевич Е.А.</b> Изменение поверхности разрушения медных образцов при ползучести в условиях магнитного поля.....	20
<b>Никитина Е.В.</b> Сплайны в вычислительной математике.....	22
<b>Морозов К.В., Алсараева К.В., Невский С.А.</b> Образование структуры, фазового состава и дефектной субструктуры в дифференцированно закаленных рельсах.....	24
<b>Шкап А.В.</b> Влияние молибдена как акцептора электронов на рост хлорат - восстанавливающих бактерий.....	27
<b>Калинцева М.Е., Зенцова С.В., Шаповалов Д.Э.</b> Влияние площадей контакта металла с газом и шлаком и условий перемешивания металла со шлаком на кинетику их взаимодействия.....	29

<b>Зенцова С.В.</b> Физико-химическая модель структуры потоков и их место в динамической модели основных процессов конвертерного передела.....	33
<b>II. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....</b>	<b>38</b>
<b>Саблев С.А.</b> Обоснование диаметра параллельно-сближенных скважин при отбойке рудного массива на подземных рудниках ОАО «Евразруда».....	38
<b>Хомякова А.А.</b> Исследование характера проявления процесса пучения в горной выработке, за счет ведения вблизи нее очистных работ.....	40
<b>Скачков Р.Л., Малофеев Д.В, Матвеев А.В.</b> Обоснование применения системы автоматизированного проектирования буровзрывных работ в условиях ООО «Сибэнергоуголь».....	44
<b>Козлов Б.А., Малофеев Д.В, Матвеев А.В.</b> Обоснование применения горно-геологической информационной системы для маркшейдерского сопровождения горных работ на разрезе «Галдинский».....	47
<b>Анорин Р.В., Малофеев Д.В, Матвеев А.В.</b> Снижение сейсмического воздействия массовых взрывов разреза «Галдинский» на охраняемые объекты.....	50
<b>Колдина А.Н., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Ликвидация оползневых явлений на открытых горных работах.....	52
<b>Колдина А.Н., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Мероприятия по безопасному ведению горных работ в местах наличия опасных зон.....	54
<b>Аристов А.А., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Картографическая информация и методы ее получения.....	56
<b>Аристов А.А., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Технология создания цифрового кадастрового плана по материалам аэрофотосъемки.....	59
<b>Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Методика расчета расхода топлива технологическими самосвалами.....	61
<b>Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Методика расчета расхода топлива технологическими самосвалами в грузе на направлении, на подъемах и горизонтальных участках.....	63

<b>Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Методика расчета расхода топлива технологическими самосвалами в груженом направлении на спусках и в порожнем направлении.....	66
<b>Бурова А.О., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Методика расчета расхода топлива технологическими самосвалами на регламентированные простои.....	68
<b>Черепанов А.А., Матвеев А.В., Малофеев Д.В.</b> Применение ЦПТ в условиях участка «Шестаки-2» разреза ОАО «Шестаки» .....	71
<b>Кромоданова А.Е.</b> Выбор и обоснование состава твердеющей закладки и схемы ее доставки в шахту в условиях Зареченского рудника.....	74
<b>III. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.....</b>	78
<b>Кузьменко Д.И.</b> Разработка порошковой проволоки для наплавки прокатных валков.....	78
<b>Липатова У.И., Осетковский И.В.</b> Исследование наплавленных материалов с использованием порошковой проволоки ПП-Нп-35В9Х3СФ и ПП-Нп-25Х5ФМС на износостойкость.....	80
<b>Карцев Д.С.</b> Способы введения нанопорошков в сварочную ванну при различных способах сварки.....	83
<b>Карцев Д.С.</b> Влияние наноструктурированного вольфрама на микроструктуру наплавленного металла.....	85
<b>Микулич А.Е., Карцев Д.С.</b> Коррозионная стойкость сварных соединений из стали 12Х18Н10Т.....	88
<b>Карцев Д.С.</b> Устройство для введения порошков-модификаторов в сварочную ванну.....	91
<b>Рязанова Н.В.</b> Эксергетическая оценка твердых бытовых отходов и эксергетический анализ технологических схем производства и сжигания вторичного топлива на основе ТБО.....	94
<b>Мухарев В.Ю.</b> Актуальность и некоторые особенности страхования жизни от несчастных случаев на производстве.....	100

<b>Петрачков С.</b> Вариант использования тепловой энергии отходящих газов металлургического агрегата типа СЭР.....	103
<b>Бондарь М.В., Габинет И.С.</b> Изменение фрактальной размерности после термической обработки сталей феррито-перлитного класса .....	106
<b>Бильская А.И.</b> Применение систем внешних динамических воздействий на затвердевающий непрерывнолитой слиток рельсовой стали.....	107
<b>Долгова С.В., Митрошина В.О., Старунина В.Г.</b> О возможностях уменьшения термического расширения медьсодержащих сплавов алюминия с кремнием.....	111
<b>Сорокина М.С.</b> Влияние водорода на формирование структуры и свойств серого чугуна.....	116
<b>Трофимов К.В.</b> Современные способы получения магния.....	118
<b>Сазонов М.С.</b> Современные способы получения железа.....	121
<b>Зеневич А.В.</b> Влияние легирующих элементов на сплавы системы алюминий-магний.....	122
<b>Духанин Ф.А.</b> Современное получение кремния технической и высокой чистоты.....	124
<b>Богонос Е.В., Старунина В.Г.</b> Современные способы получения алюминия.....	126
<b>IV. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА.....</b>	129
<b>Аббасов П.А., Ли П.Э.</b> Энерго – и ресурсосберегающая технология устройства свайных фундаментов с использованием модульных железобетонных свай высокой заводской готовности.....	129
<b>Аббасов П.А., Петрашень А.С.</b> Поражающие факторы тайфунов и циклонов, их учет при проектировании энергоэффективных зданий и сооружений на Дальнем Востоке России.....	131
<b>Баранова Т.Д., Тычинин А.А.</b> Оценка стесненности строительной площадки при проектировании строительного генерального плана (СГП).....	133

<b>Саверченко В. М., Якушкин С. И.</b> Технологическая модель строительства низководного моста через Амурский залив во Владивостоке.....	135
<b>Приходько К.А.</b> Современные конструкции и технологии возведения подпорных стенок.....	137
<b>Приходько К.А.</b> Современные конструкции и технологии возведения куполов.....	140
<b>Приходько К.А.</b> Технологическая карта на возведение монолитного купола, утепленного пенополиуретаном, с применением пневматической опалубки.....	142
<b>Винокуров В.А.</b> Современные технологии устройства ледовых покрытий в спортивных объектах.....	144
<b>Грушевская Е.Н., Хотим Н.В.</b> Анализ модификаторов для гипсовых вяжущих систем.....	146
<b>Сидоренко Ю.В., Терехина О.С., Карнилов Д.А.</b> О проектировании систем производства строительных материалов.....	149
<b>Герасимук А.В.</b> Ультравысокое напряжение как средство увеличения пропускной способности линий электропередач.....	151
<b>Девяткина Д.О., Тюменцев С.А.</b> Вторичные минеральные ресурсы (ВМР) – сырьё для стройиндустрии.....	154
<b>Семенова И.Е.</b> Исследование техногенных продуктов как заполнителей и компонентов цемента.....	157
<b>Ивакина А.А.</b> Пример расчета скорости внутренней равномерной коррозии городских теплопроводов, протекающей с кислородной деполяризацией.....	161
<b>Алейникова Е.В.</b> Современный комфортный многоэтажный жилой дом.....	164
<b>Синельникова Н.Ю.</b> Рефункционализация промышленных территорий как фактор сохранения исторической, социальной преемственности в индустриальном городе.....	168



<b>Шимлин А.К.</b> Линия циркуляции паллет на заводе ДСК.....	172
<b>Немцев И.А.</b> Оценка экономической эффективности усиления существующих железобетонных конструкций композиционными материалами.....	175
<b>Виноградова А.С., Горячев И.Е.</b> Эффективные пеногазобетонные блоки.....	178
<b>Столяров С.Ю.</b> Термоактивация отходов углеобогащения с целью получения безотходной технологии обогащения угля.....	181
<b>Десятова А.С., Некрасова Л.В.</b> Исследование отходов энергетики для применения в производстве строительных материалов.....	184
<b>Саранчуков А. Г., Алексеева М.П.</b> Исследование влияния красящих пигментов на прочность силикатного кирпича.....	187
<b>Алешин Н.Д.</b> Обследование, усиление и замена пролетных конструкций галереи подачи угля на обогатительной фабрике в г. Новокузнецке без прекращения производственного процесса.....	190
<b>Литовченко Т.А.</b> Спортивный комплекс в Новоильинском районе г. Новокузнецка.....	192
<b>Лодыгин И.Д.</b> Особенности проектирования высотных зданий в сейсмических районах.....	195
<b>Меркурьева Е.А</b> Архитектурно-конструктивные антисейсмические мероприятия при строительстве деревянного жилого дома.....	196
<b>Савенкова К.П.</b> Современное видение проектирования и строительства многоэтажных каркасных зданий из монолитного железобетона.....	199
<b>Гусельников И.С.</b> Цех ремонта оборудования машиностроительного завода в г. Ангарске.....	201
<b>Русанов А.А.</b> Усиление строительных конструкций здания рекуператорной №3 ОАО «РУСАЛ Новокузнецк».....	203
<b>Цуканов Е.А.</b> Здание блока очистки шахты «Большевик» в Новокузнецком районе.....	205

<b>Шергин Ю.А.</b> Теоретический анализ напряженно-деформированного состояния конструкций стального каркаса здания цеха по ремонту крупногабаритных шин п. Раздольный Гурьевского района Кемеровской области.....	207
<b>Горчаков М.С.</b> Изучение вопросов проектирования сейсмостойкости промышленных зданий с использованием информационных технологий.....	210
<b>Мясникова В.И.</b> Современные концептуальные подходы к проектированию промышленных зданий общего назначения у иностранных инвесторов и их адаптация в местных условиях.....	214
<b>Калашникова Е.С.</b> Новые методы обработки и утилизации осадков городских сточных вод.....	217
<b>Дружинина М.К.</b> Водоотведение и очистка сточных вод поселка коттеджного типа.....	221
<b>Бердюгин С.А.</b> Применение флотации при очистке городских сточных вод.....	224
<b>Бегар И.С.</b> Очистка нефтесодержащих сточных вод.....	228
<b>Сапрыкин И.С.</b> Электрохимические методы обработки производственных стоков.....	232
<b>V. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.....</b>	<b>237</b>
<b>Тарасов А.О.</b> Перспективы Open Journal Systems – On-Line системы для управления и публикации журналов.....	237
<b>Гончарова Н.В.</b> Проектирование информационно-управляющей системы современного предприятия.....	238
<b>Барагичев К.Е.</b> Разработка программных средств моделирования проектируемых систем управления.....	241
<b>Барагичев К.Е.</b> О моделировании вариантов управления при выборе настроек закона регулирования.....	244

<b>Парфенов К.В.</b> Системы автоматизации управления котельными агрегатами, работающих на углесодержащих отходах*.....	248
<b>Саламатин А.С., Бурлаченко А.В., Золин К.А., Раскин М.В.</b> Влияние шага дискретизации на точность вычислений.....	252
<b>Абрамян Ф.А, Братченко Н.Ю.</b> Программная реализация алгоритма нелинейного анализа динамической системы.....	254
<b>Евдокимов П.А., Шаев Д.М., Иванов Д.С., Постнов И.Н.</b> Микроконтроллерная система защиты и сигнализации в сетях электрооборудования.....	258
<b>Емельянов Д.А.</b> Микроконтроллерная система управления исполнительным органом проходческого комбайна.....	261
<b>Каланчин М.Ю., Серебряков Е.Ю.</b> Программирование микроконтроллерных систем.....	264
<b>Маршев Д.А., Бургун С.В.</b> Моделирование электропривода роторного вагоноопрокидывателя.....	268
<b>Ненашев А.М.</b> Моделирование системы векторного управления асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором.....	271
<b>Ромашев И.Д.</b> Управление нагрузкой электропривода резания.....	274
<b>Филимонов К.Е., Семченко В.А.</b> Регулятор с ограничением выхода и противонакоплением интегрирующей составляющей.....	277
<b>Баженова Е.С.</b> Применение типовых методов прогнозирования рядов данных, характеризующих уровень смертности мужчин от злокачественных новообразований.....	281
<b>Коурдакова О.А.</b> Анализ околоминутных кардиоритмов при оценке состояния человека.....	284
<b>Устюжанина К.И.</b> Автоматизированное рабочее место инженера по охране труда ООО «Сибмонтажэнерго».....	287
<b>Шатова Ю.Е.</b> Анализ и прогнозирование реализаций данных, характеризующих уровень смертности мужчин по причине сердечно-сосудистых заболеваний.....	289

Научное издание

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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Часть IV**

*Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых*

**Выпуск 18**

Под общей редакцией	М.В. Темлянцева
Технические редакторы	Г.А. Морина Л.С. Ширяева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л.17,4. Уч.-изд. л. 19,5. Тираж 300 экз. Заказ № 623

Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42  
Издательский центр СибГИУ