

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасская государственная педагогическая академия»

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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ЧАСТЬ II**

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
14-15 мая 2013 г.*

выпуск 17

**Новокузнецк
2013**

ББК 72.4(2)713660
Н 340

Редакционная коллегия:

д.т.н., профессор М.В.Темлянец, д.х.н., профессор В.Ф. Горюшкин,
к.т.н., доцент Ю.К. Власкин, д.т.н., профессор О.И. Нохрина,
д.т.н., профессор Г.В. Галевский, д.т.н., профессор В.К. Афанасьев,
д.т.н., профессор Л.Т. Дворников, д.т.н., профессор Т.П. Воскресенская,
д.т.н., профессор С.М. Кулаков, к.т.н., доцент П.Н. Кунинин.

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды
всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и
молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; Новокузнецк: Изд. центр
СибГИУ, 2013. – Вып. 17. – Ч. II. Технические науки. – 259 с.,
ил.- 117., таб.- 40.

ISBN 978-5-7806-0395-5

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области естественных и технических наук: физики, химии, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологии и оборудования, новых материалов и упрочняющих технологий, теории механизмов, машиностроения и транспорта, новых информационных технологий и систем автоматизации управления.

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

ISBN 978-5-7806-0395-5

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2013

I. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 669.18.017

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЗЕРЕННОГО СТРОЕНИЯ СТАЛИ 08X18H10T

Бургун С.В., Семченко В.А.

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

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

В настоящей работе приводятся результаты количественной интерпретации зеренного строения нержавеющей низкоуглеродистой стали 08X18H10T на основе данных оптической микроскопии.

Ранними исследованиями Томской и Новокузнецкой научных школ, развивающих направления физики конденсированного состояния, показано [1], что в зеренной структуре поликристаллического материала необходимо выделить различные типы зерен в зависимости от значения коэффициента анизотропии K :

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

где L – продольный и D – поперечный размеры зерна.

Применение метода оптической микроскопии образцов стали 08X18H10T показало, что в исходном состоянии в ней выделяется три типа зерен: высокоанизотропные ($K \approx 5$), практически изотропные ($K = 1$) и среднеанизотропные зерна ($K = 1,7 \div 1,8$).

Применение планиметрического метода позволило выполнить статистический количественный анализ строения стали по распределению типов зерен.

Подробно сведения о зеренной структуре материала даны в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Количественные характеристики зеренной структуры стали 08X18H10T. Высокоанизотропные зерна

$\Delta V(N)$, %	$\Delta V(S)$, %	L , мкм	$\sigma(L)$, мкм	D , мкм	$\sigma(D)$, мкм	K
5	22,8	71,8	24,5	14,5	4,4	5,0

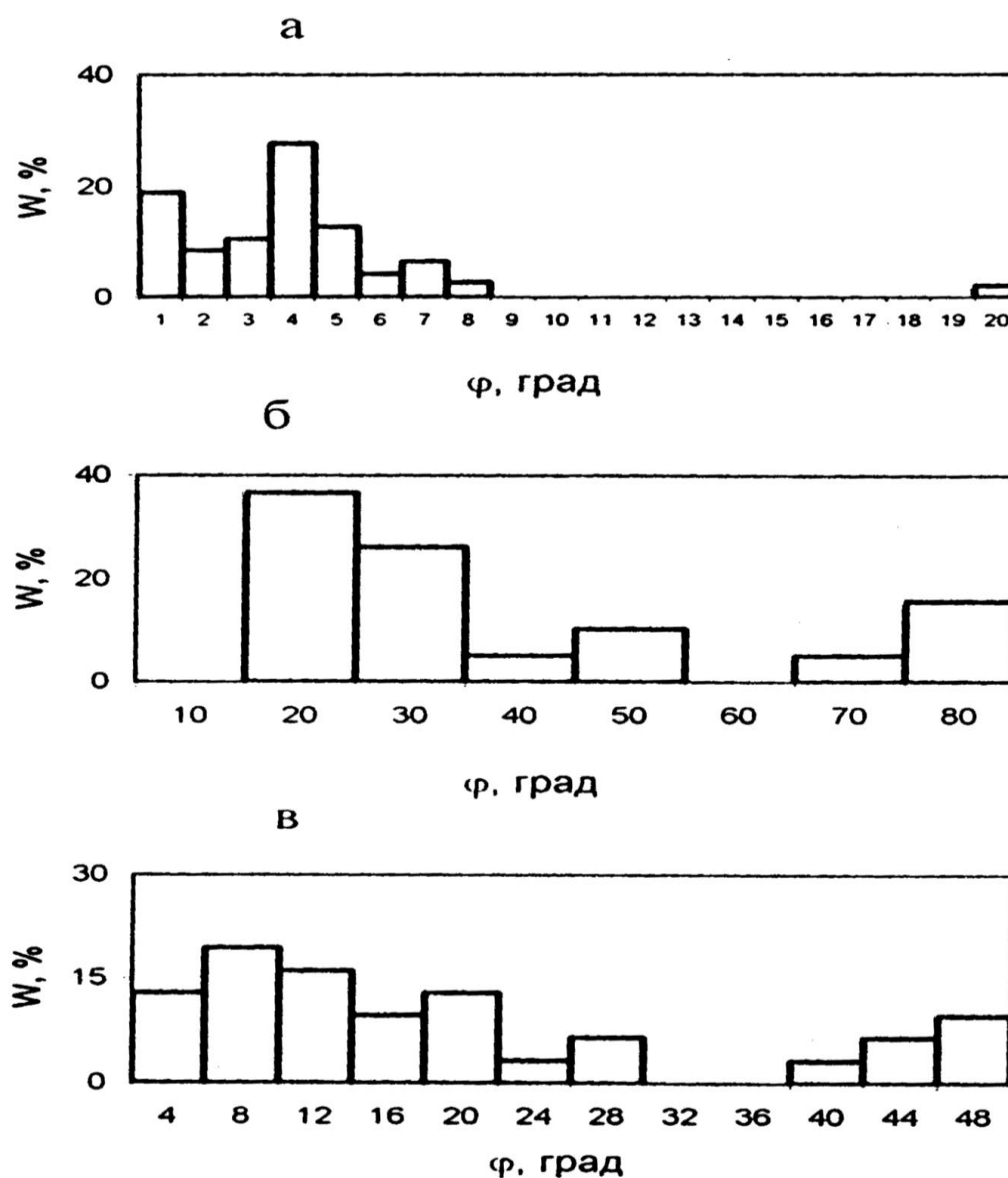
Таблица 2 – Количественные характеристики зеренной структуры стали 08X18H10T. Изотропные зерна

$\Delta V(N)$, %	$\Delta V(S)$, %	D , мкм	$\sigma(D)$, мкм	K
18	4,6	7,3	3,3	1,2

Таблица 3 – Количественные характеристики зеренной структуры стали 08X18H10T. Среднеанизотропные зерна

$\Delta V(N)$, %	$\Delta V(S)$, %	D, мкм	$\sigma(D)$, мкм	K
50	43,6	13,1	5,1	1,8

Примечания: $\Delta V(N)$ – объемная доля зерен, рассчитанная из отношения количества зерен данного типа (N_i) к общему числу зерен (N); $\Delta V(S)$ – объемная доля зерен, рассчитанная из отношения площади, занятой зернами данного типа (S_i) к общей площади шлифа; L, $\sigma(L)$, D, $\sigma(D)$ – продольные и поперечные размеры зерен и их среднеквадратичные отклонения, соответственно; K – коэффициент анизотропии



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

Рисунок 1 – Структурная текстура зерен стали 08X18H10T

В работе [1] 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 рис.1.

Библиографический список

1. Громов В.Е. Физика и механика волочения и объемной штамповки. – М.: Недра. 1997. - 293 с.

УДК 539.213: 669.017

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ НА ЭВОЛЮЦИЮ ФАЗОВОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

**Гришунин В.А., Комиссарова И.А., Мясникова В.И., Коновалов С.В.
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Громов В.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Целью работы являлось исследование структурно-фазового состояния и выявление закономерностей модификации поверхностного слоя рельсовой стали Э76Ф, подвергнутой обработке высокоинтенсивным электронным пучком. Образцы облучались электронным пучком на установке «СОЛО» при следующих фиксированных параметрах: длительность импульса воздействия пучка электронов $\tau = 50$ мкс; количество импульсов воздействия $N = 3$ имп.; частота следования импульсов $f = 0,3$ с⁻¹; давление остаточного газа (аргон) в рабочей камере $\sim 0,02$ Па. Переменным параметром обработки являлась величина плотности энергии пучка электронов E_S , которая для образцов партии №1 – $E_S = 10$ Дж/см²; партии №2 – $E_S = 20$ Дж/см²; партии №3 – $E_S = 30$ Дж/см². Обработка в указанных режимах обеспечивала увеличение усталостного ресурса в 2,4 раза при многоцикловых испытаниях.

Морфологию поверхности облучения изучали методами растровой электронной микроскопии. Фазовый состав и дефектную субструктуру поверхности облучения анализировали методами просвечивающей электронной микроскопии.

Предварительная термическая обработка стали привела к формированию поликристаллической структуры, представленной зернами структурно свободного феррита, зернами перлита преимущественно пластинчатой морфологии и, в небольшом количестве, зернами

«псевдоперлита». Зерна феррита и «псевдоперлита» содержат дислокационную субструктуру в виде сеток и хаотически расположенных дислокаций. Скалярная плотность дислокаций $\sim 4 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$. Вблизи границ и стыков границ зерен наблюдается фрагментированная, реже, субзеренная структура. В ферритных прослойках перлита выявляется дислокационная субструктура преимущественно в виде хаотически распределенных дислокаций, скалярная плотность которых $\sim 2.8 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$.

Обработка стали электронным пучком привела к существенному преобразованию морфологии поверхности облучения. Исходно полированная поверхность образца после облучения электронным пучком при $E_s = 10 \text{ Дж/см}^2$ покрывается сетью микрократеров. Увеличение плотности энергии пучка электронов до 20 Дж/см^2 и, далее, до 30 Дж/см^2 сопровождается снижением количества микрократеров и увеличением их размеров. В поверхностном слое формируется поликристаллическая структура, средний размер зерен которой при плотности энергии пучка электронов 10 Дж/см^2 составляет $\sim 5 \text{ мкм}$. В объеме зерен наблюдается субзеренная структура в виде ячеек, размер которых изменяется в пределах от $0,25 \text{ мкм}$ до $0,55 \text{ мкм}$.

Увеличение плотности энергии пучка электронов до 20 Дж/см^2 и, далее, до 30 Дж/см^2 сопровождается увеличением среднего размера зерна до $\sim 8,5 \text{ мкм}$. В объеме зерен в обоих случаях также наблюдается структура ячеистой кристаллизации. Увеличение плотности энергии пучка электронов приводит к увеличению ячеек кристаллизации, размеры которых при $E_s = 30 \text{ Дж/см}^2$ изменяются в пределах от $0,4 \text{ мкм}$ до $0,65 \text{ мкм}$. Одновременно с этим изменяется и форма ячеек кристаллизации: если при $E_s = 10 \text{ Дж/см}^2$ ячейки кристаллизации имеют равноосную форму, то при $E_s = 30 \text{ Дж/см}^2$ кристаллизация расплава протекает с образованием дендритной структуры с осями первого и второго порядка. Следует отметить, что при облучении стали электронным пучком с $E_s = 10 \text{ Дж/см}^2$ структура ячеистой кристаллизации наблюдается не во всех зернах. Это, очевидно, связано с особенностями структуры исходного состояния, а именно, присутствием зерен, обогащенных углеродом (зерна перлита), и зерен с минимальным содержанием углерода (зерна феррита). Сверхвысокие скорости термической обработки, реализующиеся при облучении стали электронным пучком, не приводят к гомогенизации поверхностного слоя, вследствие этого области стали, обогащенные углеродом, кристаллизуются с образованием структуры ячеистой кристаллизации; в областях поверхностного слоя, обедненных углеродом, ячейки кристаллизации не образуются. При облучении стали электронным пучком с $E_s = (20 \dots 30) \text{ Дж/см}^2$ структура ячеистой кристаллизации формируется повсеместно, что указывает на формирование однородного по углероду жидкого раствора на основе железа.

Выполненные методами просвечивающей электронной микроскопии исследования поверхностного слоя стали после электронно-пучковой обработки показали, что независимо от плотности энергии пучка электронов

в анализируемом слое формируется многофазная структура. Основной является α -фаза, представленная мартенситом. Наряду с α -фазой обнаруживаются остаточный аустенит, цементит и графит. Таким образом, несмотря на сверхвысокие скорости закалки, реализующиеся при электронно-пучковой обработке, формирующаяся в поверхностном слое структура имеет фазовый состав, подобный фазовому составу стали, закаленной с печного нагрева.

Высокоскоростная кристаллизация приводит к формированию структуры ячеистой (при $E_s = 10$ и 20 Дж/см²) или дендритоподобной (при $E_s = 30$ Дж/см²) кристаллизации с размером ячеек, изменяющемся в пределах (0,25...0,65) мкм. Структура поверхностного слоя стали, обработанной электронным пучком при плотности энергии пучка электронов 10 Дж/см², состоит из зеренно-субзеренной структуры с размерами, изменяющимися в пределах от 300 до 600 нм, что близко к размерам ячеек кристаллизации, выявленных методами растровой микроскопии. В объеме ячеек кристаллизации наблюдается пластинчатая структура, являющаяся кристаллами мартенсита. Поперечные размеры кристаллов изменяются в пределах ($50...70$) нм. Поверхностный слой стали находится в условиях высоких растягивающих напряжений. Анализ структуры фольг выявляет микротрещины, располагающиеся вдоль границ ячеек кристаллизации.

Наряду со структурой ячеистой кристаллизации, содержащей наноразмерные кристаллы мартенсита, в поверхностном слое выявляется зерна со структурой пакетного мартенсита, поперечные размеры кристаллитов которых изменяются в пределах от 85 нм до 220 нм.

Одновременно с этим выявляются зерна, содержащие области микронных размеров, границы которых оконтуриваются кристаллами мартенсита. В объеме таких областей выявляется сетчатая дислокационная субструктура, скалярная плотность дислокаций $\sim 10^{11}$ см⁻², что соответствует плотности дислокаций кристаллов мартенсита закаленной стали.

Увеличение плотности энергии пучка электронов до 20 Дж/см² (и до 30 Дж/см²) приводит к формированию в поверхностном слое морфологически и размерно однородной структуры пакетного мартенсита. Размеры пакетов изменяются в пределах ($0,8...1,0$) мкм; поперечные размеры кристаллов мартенсита ($80...200$) нм. В небольшом количестве выявляется пластинчатый мартенсит. Его формирование может быть связано как с высокой скоростью закалки, реализующейся при электронно-пучковой обработке стали, так и с обезуглероживанием расплава поверхностного слоя в результате формирования частиц графита.

Электронно-пучковая обработка рельсовой стали в режиме оплавления поверхностного слоя сопровождается существенным изменением структурно-фазового состояния, заключающимся в формировании структуры пакетного мартенсита с поперечными размерами $85-220$ нм, структуры ячеистой (при плотности пучка электронов 10 и 20 Дж/см²) и дендритоподобной (30 Дж/см²) кристаллизации с размером ячеек $0.25-0.65$

мкм. В объеме ячеек кристаллизации образуются наноразмерные кристаллы мартенсита, а в стыках границ ячеек обнаружены частицы графита.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 г.г.» (Соглашение №14.В37.21.0071).

УДК 538.913

РОЛЬ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В ИЗМЕНЕНИИ ДИФФУЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТРОЙНЫХ СТЫКОВ ГРАНИЦ ЗЕРЕН В Ni

Дябденков В.В., Микрюков В.Р., Дербичева Н.С., Проклушина Д.Е.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Старостенков М.Д.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Доклад посвящен исследованию с помощью метода молекулярной динамики влияния точечных дефектов на интенсивность самодиффузии вдоль тройных стыков большеугловых границ наклона и границ смешанного типа на примере никеля.

Тройной стык границ наклона создавался в центре расчетного блока путем сопряжения трех зерен, разориентированных относительно друг друга с помощью поворота вокруг оси параллельной линии тройного стыка. Рассматривались две оси разориентации: $\langle 111 \rangle$ и $\langle 100 \rangle$. Изначально углы между границами в стыке задавались 120° . После вырезания сегментов проводилось сопряжение зерен, при котором удалялись атомы, находящиеся от соседнего атома на расстоянии менее 0.5 \AA . Заключительным этапом являлось вырезание конечного расчетного блока в форме цилиндра. Количество атомов в расчетном блоке составляло около 40000. Диаметр цилиндрического расчетного блока 87 \AA , длина вдоль оси $Z - 75 \text{ \AA}$. На торцы цилиндрического расчетного блока, то есть вдоль линии тройного стыка, налагались периодические граничные условия (имитировалось бесконечное повторение цилиндрического расчетного блока вдоль оси Z). На боковую поверхность цилиндра были наложены жесткие условия – атомы вблизи боковой поверхности в процессе компьютерного эксперимента оставались неподвижными. Рассматривались два тройных стыка границ наклона: с разориентацией зерен на углы $15^\circ, 15^\circ, 30^\circ$ относительно оси $\langle 111 \rangle$ и на углы $18^\circ, 18^\circ, 36^\circ$ относительно оси $\langle 100 \rangle$.

При построении тройного стыка границ смешанного типа создавались три различно ориентированных кристалла таким образом, что плоскости XU соответствовала плоскость (111) первого кристалла, (100) второго и (110) третьего. Затем они дополнительно поворачивались на углы $5^\circ, 15^\circ, 35^\circ$ соответственно вокруг оси Z , после чего из них, как и при создании стыков

границ наклона, вырезались сегменты по 120° каждый, и производилось их сопряжение.

Для приведения структуры расчетного блока в равновесное состояние проводилась динамическая релаксация структуры в два этапа. На первом этапе начальная температура была равна 0 К – производилось первичное сопряжение структуры зерен, в результате которого температура расчетного блока повышалась. На втором этапе расчетный блок выдерживался в течение 100 пс при постоянной температуре 1500 К. В заключении расчетный блок охлаждался до 0 К.

Точечные дефекты вводились в область тройного стыка путем удаления атомов (в случае вакансий) или их добавления (в случае междоузельных атомов). Количество вводимых дефектов варьировалось от 1 до 10. Вводимое количество дефектов соответствовало концентрации в расчете на общее число атомов в блоке от $2,5 \cdot 10^{-3}\%$ до $2,5 \cdot 10^{-2}\%$. В расчете на объем тройного стыка, если принять его радиус, равным 5 \AA , концентрация варьировалась примерно от 0,2% до 2%.

После введения точечных дефектов также проводилась релаксация структуры с последующим охлаждением. Полученные таким образом расчетные блоки являлись стартовыми при моделировании самодиффузии.

Шаг интегрирования по времени в методе молекулярной динамики варьировался от 5 до 10 фс. Взаимодействия атомов никеля друг с другом описывались многочастичным потенциалом Клери-Розато. Радиус действия потенциалов ограничивался пятью координационными сферами.

Для исследования влияния точечных дефектов на интенсивность самодиффузии в области тройного стыка моделировался процесс продолжительностью 300 пс при температуре 1500 К ($0,86 \cdot T_m$, где T_m – температура плавления никеля). По окончании эксперимента расчетные блоки охлаждались до 0 К во избежание влияния тепловых колебаний атомов на расчет коэффициента диффузии. Кроме коэффициента самодиффузии в каждом случае рассчитывалось среднее значение энергии связи точечного дефекта с тройным стыком (или границами зерен).

Установлено, что энергия связи, приходящаяся на один точечный дефект, практически не изменяется при введении различного числа дефектов. Это свидетельствует о высокой сорбционной способности тройного стыка и границ зерен по отношению к вакансиям и междоузельным атомам. Кроме того, энергия связи, согласно полученным данным, не зависит от типа образующих стык границ зерен.

Заметного влияния на интенсивность самодиффузии вдоль тройного стыка обнаружено не было: коэффициент диффузии при различном числе введенных дефектов оставался тем же в пределах погрешности вычислений ($1\text{--}3 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$). В первую очередь это было связано с тем, что часть введенных в область тройного стыка дефектов в процессе моделирования мигрировали в границы зерен. Это наблюдалось для обоих типов дефектов.

При миграции со стыка в границу зерен междоузельного атома смещения атомов в подобных цепочках имели противоположное направление.

Диффузионная проницаемость стыков для всех трех типов образующих стык границ зерен (большеугловых наклона $\langle 111 \rangle$ и $\langle 100 \rangle$ и смешанного типа) была примерно одинаковой. Стыки, образованные малоугловыми или специальными границами, ввиду их относительно более упорядоченной структуры, по всей видимости, должны иметь относительно меньшую проницаемость.

УДК 53.098

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ МЕДИ

Литвиненко Н.Г., Комиссарова И.А., Загуляев Д.В., Коновалов С.В.

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

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Влияние магнитного поля на физические и механические свойства немагнитных металлических материалов исследовано в значительном количестве работ. Основная их часть посвящена исследованию материалов, находящихся в монокристаллическом состоянии. Наличие магнитопластического эффекта в определенных условиях можно ожидать практически в любом немагнитном материале [1]. В связи с этим целью настоящей работы являлось исследование влияния постоянного магнитного поля на кинетику процесса ползучести поликристаллической меди и скорость ползучести, определяемую на установившейся стадии процесса.

Исследования процесса ползучести проводили при комнатной температуре и постоянном растягивающем напряжении $\sigma = 130$ МПа. В качестве образцов использовали поликристаллическую медь цилиндрической формы диаметром 1,2 мм и длиной рабочей части 130 мм, подвергнутую предварительной термической обработке.

Для испытаний на ползучесть использовалась модернизированная испытательная машина для исследования процессов пластической деформации металлов. Испытательная машина работает совместно с программным комплексом, предназначенным для записи данных удлинения образца от времени эксперимента, а также имеет возможность анализа стадий ползучести и аппроксимации кривых ползучести. Детали машины, находящиеся в непосредственной близости к источнику магнитного поля, были изготовлены из немагнитных материалов. В качестве источника магнитного поля использовался постоянный электромагнит, имеющий возможность регулирования индукции магнитного поля двумя способами: 1) путем изменения силы тока в катушках; 2) путем изменения воздушного

зазора между полюсами. В данной работе индукция магнитного поля регулировалась первым способом.

Индукцию магнитного поля изменяли в пределах от 0 до 0,6 Тл. Для каждого конкретного случая обработки измерение скорости ползучести, определяемой на линейной стадии, проводилось не менее чем 20 раз с дальнейшим усреднением ее значения.

Кривые ползучести, полученные при растяжении меди без воздействия и при действии постоянного магнитного поля 0,2 и 0,4 Тл содержат стадии логарифмической, установившейся и ускоренной ползучести, что совпадает с общепринятыми представлениями о кинетике процесса в таких условиях [2]. Дифференцирование кривых ползучести по времени дает зависимость скорости ползучести от времени эксперимента.

Установлено, что воздействие магнитного поля приводит к существенному снижению скорости ползучести на линейном участке кривой ползучести. На начальной (логарифмической) стадии ползучести действие магнитного поля не выражено. Магнитное поле практически не влияет на величину деформации до разрушения. Однако, время, необходимое для достижения одной и той же степени деформации, различно для разных параметров воздействия магнитным полем.

В качестве количественной составляющей оценки эффекта влияния магнитного поля использован параметр относительного изменения скорости ползучести на линейной стадии.

Зависимость относительного изменения скорости ползучести от величины индукции магнитного поля $\xi(B)$ можно условно разбить на 4 области. Первая область от 0 до 0,1 Тл: в этой области происходит линейное нарастание эффекта влияния магнитного поля. Скорость ползучести снижается с 3,90 %/час до 2,84 %/час. Вторая область от 0,1 до 0,3 Тл характеризуется неизменным значением скорости ползучести (2,84 %/час) определяемой на линейной стадии процесса, однако, меньшим ее значением по сравнению со скоростью ползучести без воздействия на 27 %. Область три (от 0,3 до 0,4 Тл) подобна области один и также характеризуется нарастанием эффекта влияния магнитного поля, а скорость ползучести снижается с 2,84 %/час на втором участке, до 2,16 %/час на четвертом участке. Область 4 подобна участку 2, однако, в этом диапазоне значений индукции магнитного поля значение скорости ползучести снижается еще на 17,25% по сравнению с участком 2 и на 44,44 % по сравнению со скоростью ползучести без воздействия и составляет 2,16 %/час. Таким образом, анализ представленной зависимости показывает, что снижение скорости ползучести имеет пороговый характер.

Значительная корреляция между относительным изменением скорости ползучести, определяемой на линейной стадии кривой ползучести, и временем до разрушения, при одних и тех же параметрах магнитного воздействия, является свидетельством существования некоторой

статистической связи между ними.

Как следует из представленных результатов магнитное поле приводит к повышению пластичности меди, увеличивая время до разрушения. По-видимому, как и при действии магнитного поля на монокристаллические материалы, его влияние на поликристаллическую медь приводит к магнитоиндуцированной релаксации дислокационной структуры и дальнедействующих полей внутренних напряжений [3]. Установленные эффекты влияния магнитного поля, по-видимому, усиливаются также тем, что его действие на медь осуществлялось в процессе ее испытаний на ползучесть.

Подобный эффект уменьшения скорости ползучести наблюдался в нашей работе [4] при испытаниях поликристаллического технически чистого алюминия на ползучесть в присутствии магнитного поля 0,1 – 0,3 Тл. Однако установленные на образцах из меди результаты по изменению скорости ползучести во всем рассмотренном интервале магнитной индукции отличаются от подобных данных, полученных на алюминиевых образцах. При исследовании алюминия установлен знакопеременный характер зависимости относительного изменения скорости ползучести алюминия ξ от индукции магнитного поля: в интервале значений индукции магнитного поля $B \leq 0,15$ Тл относительное изменение скорости ползучести алюминия имеет немонотонный характер: до значения $B \sim 0,05$ Тл её значения возрастают на $\xi \sim 55$ %; в интервале $B = 0,05 - 0,10$ Тл её значения не изменяются; в интервале $B > 0,10$ Тл происходит монотонное снижение на такую же величину $\xi \sim 55$ %. По нашему мнению такое различие связано с тем, что медь является диамагнитным материалом, в то время как алюминий является парамагнетиком.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» (Соглашения № 14.В37.21.1166 и 14.В37.21.0391).

Библиографический список

1. Смирнов Б.И., Песчанская Н.Н., Николаев В.И. Магнитопластический эффект в сегнетоэлектрических кристаллах NaNO_2 // ФТТ. 2001. - № 12. – С. 2154 – 2156.
2. Kassner M.E., Pe´rez-Prado M.T. Fundamentals of creep in metals and alloys, London: Elsevier, 2004. – 289 с.
3. Альшиц В.А., Даринская Е.В., Колдаева М.В. и др. Электростимуляция магнитопластичности и магнитоупрочнения в кристаллах // Письма в ЖЭТФ. – 2008. - № 7. – С. 500 – 507.
4. Загуляев Д.В., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В. и др. Особенности дислокационной субструктуры алюминия, формирующейся при ползучести в магнитном поле // Деформация и разрушение материалов. – 2011. – № 5. – С. 8–12.

ТРОЙНЫЕ ДИАГРАММЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ Cu–Pd–Pt и Cu–Pd–Ag

Морозов М.М., Маркова Т.Н., Мясникова В.И.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Клопотов А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Сплавы Ag–Pd–Au–Cu широко используются как дентальные материалы благодаря их высоким механическим свойствам по сравнению со сплавами на основе золота. С целью выявления факторов, контролирующих структуру этих сплавов, необходим анализ фазовых диаграмм от бинарных до многокомпонентных. В докладе представлена проведенная систематизация и анализ строения тройных диаграмм. Изучение фазовых равновесий и кристаллических структур в этой системе Cu–Pd–Pt и Cu–Pd–Pt является одним из этапов исследования особенностей образования геометрически плотноупакованных структур на основе ГЦК решетки с одномерными и двумерными длиннопериодическими структурами $L1_2(M)$ и $L1_2(MM)$ и на основе ГЦТ решетки $L1_0$.

Двойные системы Cu–Pd, Cu–Pt и Pd–Pt, ограничивающие тройную систему Cu–Pd–Pt, обладают широким спектром сверхструктур $L1_0$, $L1_1$, $L1_2$, $L1_2(M)$, $L1_2(MM)$, $L1_3$ и $B2$ (рисунок 1), которые образуются в результате совмещенного фазового перехода порядок-беспорядок и структурно-фазовых превращений [1 – 4].

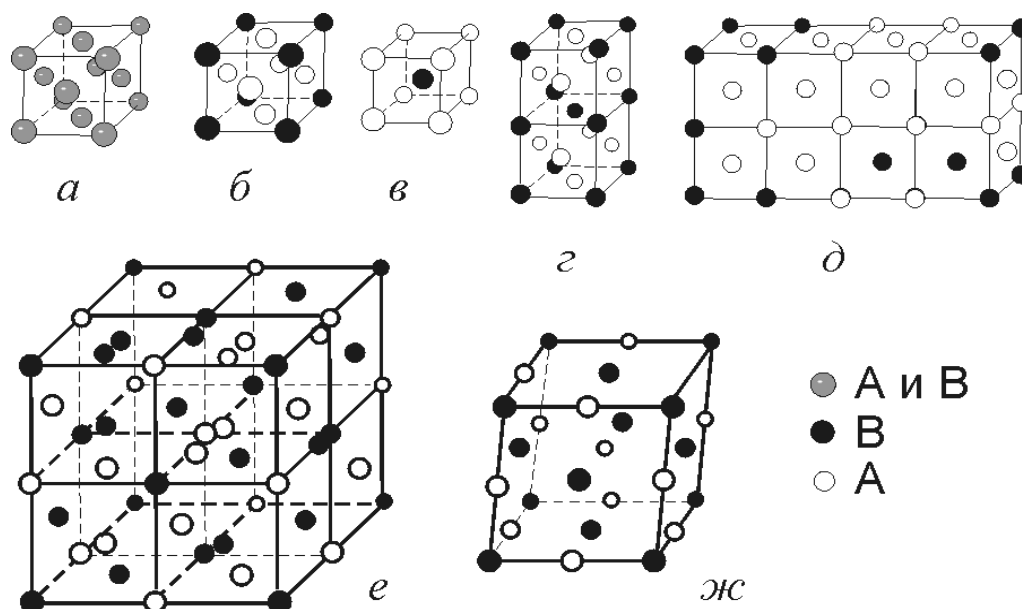


Рисунок 1 – Элементарные ячейки разупорядоченной структуры A1 (а) и упорядоченных сверхструктур $L1_2$, (б), B2 (в) $L1_2(M)$ (г), $L1_2(MM)$ (д), $L1_1$ (е, ж): е – псевдокубическая; ж – ромбоэдрическая

Большое внимание уделяется исследованию упорядоченным структурам в сплавах системы Cu–Pd [6 – 8]. В системе Cu–Pd при кристаллизации во всем концентрационном интервале образуется непрерывный ряд твердых растворов на основе ГЦК решетки со структурой A1 (Cu,Pd) [1]. При понижении температуры в твердом состоянии в результате фазовых переходов области стехиометрических составов образуются упорядоченные соединения Cu₃Pd при температуре 508 °С с образованием сверхструктур L1₂, L1₂(M), L1₂(MM). В [5] обнаружено два перитектоидных равновесия с образованием одномерных и двухмерных длиннопериодических сверхструктур L1₂(M) и L1₂(MM) соответственно. В области состава Cu – 40 % Pd (ат.) при температурах порядка 600 °С из разупорядоченного твердого раствора на основе ГЦК решетки в результате структурного фазового перехода, который сопровождается фазовым переходом порядок-беспорядок, образуется сверхструктура B2.

В системе Pd–Pt при кристаллизации образуется непрерывный ряд твердых растворов на основе ГЦК решетки со структурой A1 [6]. В твердом состоянии никаких упорядоченных структур не обнаружено. Отличительной особенностью бинарной системы Cu–Pt от системы Cu–Pd является то, что в области эквиатомного состава в системе Cu–Pt образуется ромбоэдрическая сверхструктура L1₁ ($D_{3d}^5 - R\bar{3}m$) с 54-мя атомами на элементарную ячейку, а в системе Cu–Pd кубическая сверхструктура B2 ($O_h^1 - Pm\bar{3}m$) с двумя атомами на элементарную ячейку. Это нашло отражение в распространении областей фазового равновесия тройных соединений с B2 и L1₁ структурами в тройной системе Cu–Pd–Pt. Из диаграммы тройной системы видно, что области на основе этих соединений ограничены, занимают широкие области гомогенности, не соприкасаются и вытянуты в направлениях к углам изотермического треугольника. Такая форма областей тройных соединений на основе сверхструктур B2 и L1₁ позволяет сделать предположения: в соединении CuPt третий легирующий элемент (атомы Pd) равновероятным образом могут занимать узлы атомов Cu и Pt в элементарной ячейке L1₁; в соединении CuPd третий легирующий элемент (атомы Pt) равновероятным образом могут занимать узлы атомов Cu и Pd в элементарной ячейке B2. В бинарных системах Cu–Pt и Cu–Pd в области составов Cu₃Pt и Cu₃Pd образуются упорядоченные фазы L1₂, которые имеют области составов с длиннопериодическими структурами на основе L1₂ структур. В системе Cu–Pd–Pt обнаружена широкая область тройного соединения переменного состава на основе стехиометрических сплавов Cu₃ (Pt,Pd) с L1₂ сверхструктурой. С учетом существования длиннопериодических структур, как показано в [2 – 4], атомы третьего элемента начинают располагаться на антифазных границах. В системе Ag–Pd образуется непрерывный ряд твердых растворов. Температура ликвидуса в системе Ag–Pd плавно понижается от точки плавления палладия 1762 °С до точки плавления серебра 960,08 °С.

В тройной системе Cu–Pd–Ag [7] упорядоченные фазы занимают ограниченные области. Область твердого раствора, в основном, расположена в палладиевом углу изотермического треугольника. Значительная часть на тройной диаграмме Cu–Pd–Ag приходится на эвтектическую смесь. В системе наблюдается разделение двух типов диффузионных фазовых превращений, которые приводят либо к упорядочению, либо к расслоению. В системе наблюдается разделение двух типов диффузионных фазовых превращений, которые приводят либо к упорядочению, либо к расслоению. В [8] показано, что фазовые переходы упорядочение-расслоение и порядок-беспорядок – это переходы, протекающие при различных уровнях строения. Фазовые переходы упорядочение-расслоение контролируются на уровне изменений в электронной структуре, фазовые переходы порядок-беспорядок – на уровне изменений в микроструктуре. Это приводит к тому, что делят фазовые переходы на «первичные, протекающие на уровне изменений в электронной структуре, и «вторичные», протекающие как следствие «первичных» на уровне изменений в микроструктуре [8].

Библиографический список

1. Клопотов А.А., Потеекаев А.И., Козлов Э.В. и др. Слабоустойчивые предпереходные состояния, фазовые переходы порядок-беспорядок и структурные превращения В2-А1 в сплавах Cu – 40 ат. % Pd // Изв. вуз. Физика. – 2011. – № 9. – С. 59 – 69.
2. Кулагина В.В., Чаплыгина А.А., Попова Л.А. и др. Структурно-фазовые превращения сплавов системы Cu – Pt при атомном упорядочении // Изв. вуз. Физика. – 2012. Т. 55. – № 7. – С. 78 – 87.
3. Кулагина В.В., Потеекаев А.И., Клопотов А.А. и др. Влияние плотности планарных дефектов структуры на структурно-фазовые превращения в слабоустойчивом состоянии тетрагональных сплавов // Изв. вуз. Физика. – 2012. – Т. 55. – № 4. – С. 11 – 18.
4. Потеекаев А.И., Старенченко В.А., Кулагина В.В. и др. Слабоустойчивые состояния металлических систем. – Томск: НТЛ, 2012. – 272 с.
5. Barthlein S., Winning E., Hart G.L. et al. Stability and instability of long-period superstructures in binary Cu – Pd alloys: A first principles study // Acta Materialia. – 2009. – Vol. 57. – P. 1660 – 1665.
6. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996-2000. – Т. 1 – 3.
7. Raub E., Wörwag G. Die Silber-Palladium-Kupfer-Legierungen // Z. Metallkde. – 1955. – Bd. 46. – S. 52 – 57.
8. Устиновщиков Ю.И., Пушкарев Б.Е. Упорядочение, расслоение Fe – Me // Успехи физических наук. – 2006. – Т. 176. – № 6. – С. 611 – 621.

УДК 539.8

ПОЛЗУЧЕСТЬ МЕДИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ БОЛЬШИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ

**Невский С.А., Жмакин Ю.Д., Коновалов С.В.,
Загуляев Д.В., Сарычев В.Д.**

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

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

К настоящему времени однозначно установлено, что внешние электрические воздействия на металлические материалы приводит к изменению их деформационных характеристик [1-3]. Так в работе [1] установлено, что электростатические поля оказывают упрочняющее действие на процессы пластической деформации, проявляющееся в увеличении предела текучести. В [2,3] получены результаты, свидетельствующие о том, что приложение электростатических полей приводит к изменению скорости ползучести. Однако, все известные научной общественности работы выполнены с использованием слабых электрических потенциалов (до 100 В). В данной связи работа, целью которой является установление влияния больших электрических потенциалов на скорость ползучести поликристаллической технически чистой меди, является актуальной и своевременной. В настоящей работе исследовано влияние электростатических полей характеризуемых потенциалами ± 4 кВ.

В качестве модельного материала была выбрана поликристаллическая медь, образцы которой имели цилиндрическую форму диаметром 1,2 мм и длиной рабочей части 100 мм. Перед проведением испытаний на ползучесть они подвергались предварительной термической обработке (отжиг при температуре 700 °С в течение 2 часов и последующее охлаждение в воде). Испытание на ползучесть проводилось при постоянной нагрузке 218 Н. Для испытаний на ползучесть использовалась модернизированная испытательная машина для исследования процессов пластической деформации металлов. Испытательная машина работает совместно с программным комплексом, предназначенным для записи данных удлинения образца от времени эксперимента, а также имеет возможность анализа стадий ползучести и аппроксимации кривых ползучести. В качестве регистратора удлинения использован оптико-механический датчик перемещения, имеющий разрешение 30 мкм. Основной возможностью данной программы является поиск стадии установившейся ползучести (линейная зависимость относительного удлинения от времени) [4]. Во время испытаний образец изолировался с помощью текстолитовых прокладок установленных между зажимом и образцом. Эксперимент проводился следующим образом. После достижения линейного участка образец оставляли под нагрузкой без приложения электрического потенциала на время 65 min необходимое для расчета скорости ползучести, после истечения этого времени на образец

подавался электрический потенциал 4 кВ разного знака, который действовал на образец до его разрушения. Для подключения электрического потенциала была сконструирована экспериментальная установка, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1.

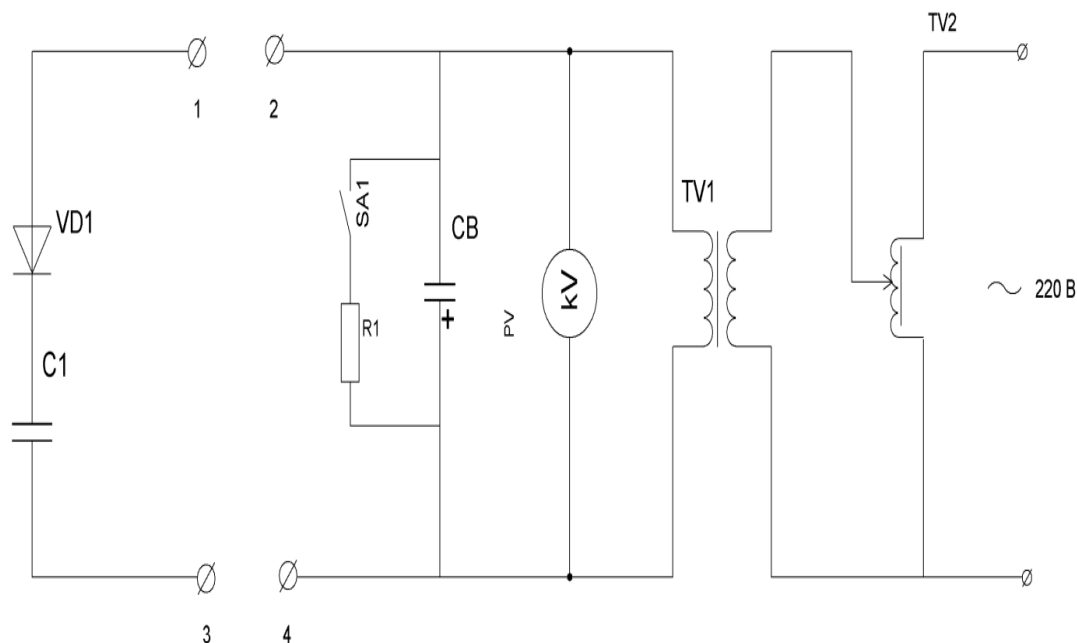


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема установки для подключения электрического потенциала

Принципиальная электрическая схема установки для подачи потенциала на испытуемый образец представлена на рисунке 1. С помощью автотрансформатора TV2 и повышающего трансформатора TV1 напряжение плавно поднималось от 0 до 4 кВ. Благодаря диоду VD1 и конденсатору С испытуемый образец также постепенно приобретает потенциал равный потенциалу положительного полюса конденсаторной батареи СВ, когда он подключен к клеммам 3-4 и отрицательный – к клеммам 1-2. Давалась выдержка, чтобы испытуемый образец приобрел необходимый потенциал с целью исключения влияния тока утечки на результат эксперимента. Контроль величины напряжения по высоковольтному вольтметру PV. Количественно эффект влияния описывался относительным изменением скорости ползучести, рассчитываемым по соотношению:

$$Q = \frac{\dot{\varepsilon}_\varphi - \dot{\varepsilon}_0}{\dot{\varepsilon}_0} \cdot 100\% ,$$

где $\dot{\varepsilon}_\varphi$ – скорость ползучести при приложении потенциала,

$\dot{\varepsilon}_0$ - скорость ползучести в отсутствии потенциала.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что при воздействии электрических потенциалов ± 4 кВ скорость ползучести

замедляется, причем при положительном потенциале относительное изменение скорости ползучести составляет $-15,3 \pm 8,5 \%$, а при отрицательном $-15,2 \pm 8,5 \%$ т.е. как и при малых потенциалах имеет место независимость от знака подключаемого потенциала. Причиной такого изменения скорости ползучести является следующее. Как известно, стационарная ползучесть протекает за счет распада дислокационных субграниц. Освободившиеся дислокации частично выходят на поверхность, а частично достигают примыкающих субграниц, изменяя их равновесие. Воздействие электрического потенциала, по-видимому, сводится к тому, что для дислокаций, выходящих на поверхность, создается дополнительный барьер, в результате чего их количество уменьшается. Не вышедшие на поверхность дислокации создают препятствия для мигрирующих субграниц, и тем самым замедляют скорость ползучести. Если рассмотреть такой процесс как движение «ударного перехода» в гетерогенной среде [5, 6], то можно сделать следующий вывод: воздействие электрического потенциала приводит к уменьшению объемной доли подвижной фазы на границах этого перехода, тем самым уменьшая предельную скорость его движения.

Библиографический список

1. Клыпин А.А., Фетисов Г.П. Влияние электростатического поля на механические свойства некоторых легких и жаропрочных сплавов для авиационной промышленности // Технология металлов. – 2011. -- № 11. - С. 42 – 45.
2. Коновалов, С.В. Влияние электрического потенциала на процесс деформации алюминия / С.В. Коновалов, В.И. Данилов, Л.Б. Зуев [и др.] // Физическая мезомеханика. – 2006. – т.9. – С. 103-106
3. Клыпин А.А. О пластической деформации металлов при наличии электрического воздействия / А.А. Клыпин // Проблемы прочности. – 1975. - №7. – С. 20-25.
4. Коновалов С. В. Автоматизированная установка для регистрации и анализа ползучести металлов и сплавов / С. В. Коновалов, В. И. Данилов, Л. Б. Зуев [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. № 8. С. 64 – 66.
5. Сарычев В.Д., Невский С.А. Двухфазная модель течения материалов при пластической деформации / В.Д. Сарычев, С.А. Невский, В.Е. Громов // Вестник СибГИУ. – 2013. – № 1. – С. 8 – 11.
6. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. М.: Наука, 1987. Т.1. 464с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕРЕННОЙ СТРУКТУРЫ СТАЛИ 08X18H10T

Семченко В.А., Бургун С.В.

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

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

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

Типичная зеренная структура стали 08X18H10T в исходном состоянии (в состоянии после прокатки) приведена на рисунке 1. В настоящее время зеренную структуру принято классифицировать различными способами [1]. Проведенный анализ показал, что в исследованной стали необходимо выделить следующие типы зерен (рисунок 1). 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 зернограничного 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].

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.

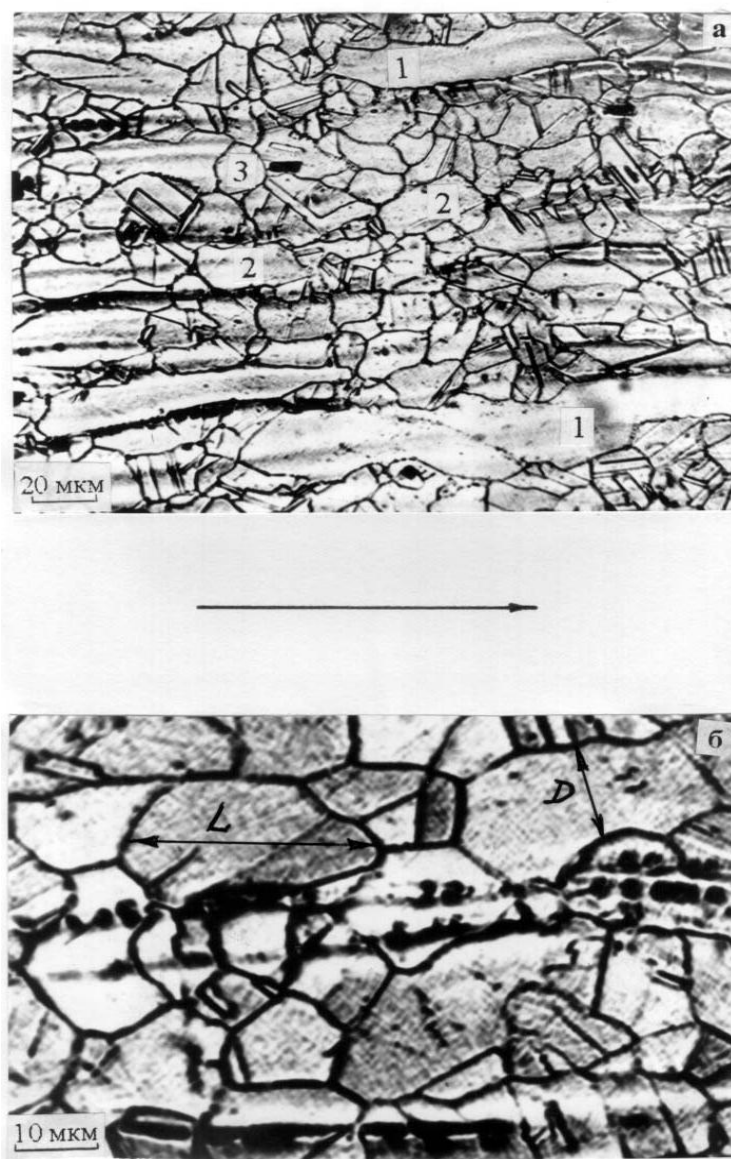


Рисунок 1 – Оптическое изображение трех типов зерен с различным коэффициентом анизотропии K : 1 – длинные вытянутые зерна с $K \approx 5$; 2 – среднеанизотропные зерна с $K \approx 1,8$ и 3 – изотропные зерна с $K \approx 1$. Сталь 08X18N10T. Исходное состояние. Стрелкой указано направление проката.
 L – длина, D – ширина зерен

Таким образом, методами металлографии травленого шлифа установлено, что зеренная структура стали 08X18N10T 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. Физика и механика волочения и объемной штамповки. – М.: Недра. 1997. - 293 с.
2. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов. – М.: Металлургия. 1978. – 568 с.

УДК 548.33

МАССОПЕРЕНОС В БИМЕТАЛЛЕ Ni-Al ПРИ НАЛИЧИИ КОМПЛЕКСОВ ВАКАНСИЙ В ПОЛЕ ДИСЛОКАЦИЙ НЕСООТВЕТСТВИЯ

Сосков А.А., Дербичева Н.С., Проклушина Д.Е.

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Старостенков М.Д.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Активное применение биметаллических соединений в технологических процессах стимулирует интерес к данным материалам. Структура и особенности границ биметаллов на атомном уровне при наличии различных дефектов остаются мало изучены. Это связано с естественными трудностями при проведении натуральных экспериментов на микро и нано уровне материи. В докладе показаны особенности массопереноса от характеристик компонент биметаллического сплава, а так же расстояния между дефектами. В качестве дефектов рассматриваются комплексы вакансий и дислокации несоответствия на границе биметалла Ni-Al.

Кристаллическая решетка моделировалась методом молекулярной динамики, атомы которой взаимодействовали посредством потенциала Морзе. Способ создания начальной конфигурации расчетной ячейки включал три стадии: построение, первичная релаксация и охлаждение.

Граница между компонентами биметаллического сплава проходила через середину ячейки содержащей 3200 частиц. Ячейка представляла собой плоскость $\{111\}$ ГЦК кристалла. Граничные условия для расчетной ячейки задавались следующим образом: по оси x – периодические, по оси y – свободные. Начальная температура ячеек задавалась равной 0 К.

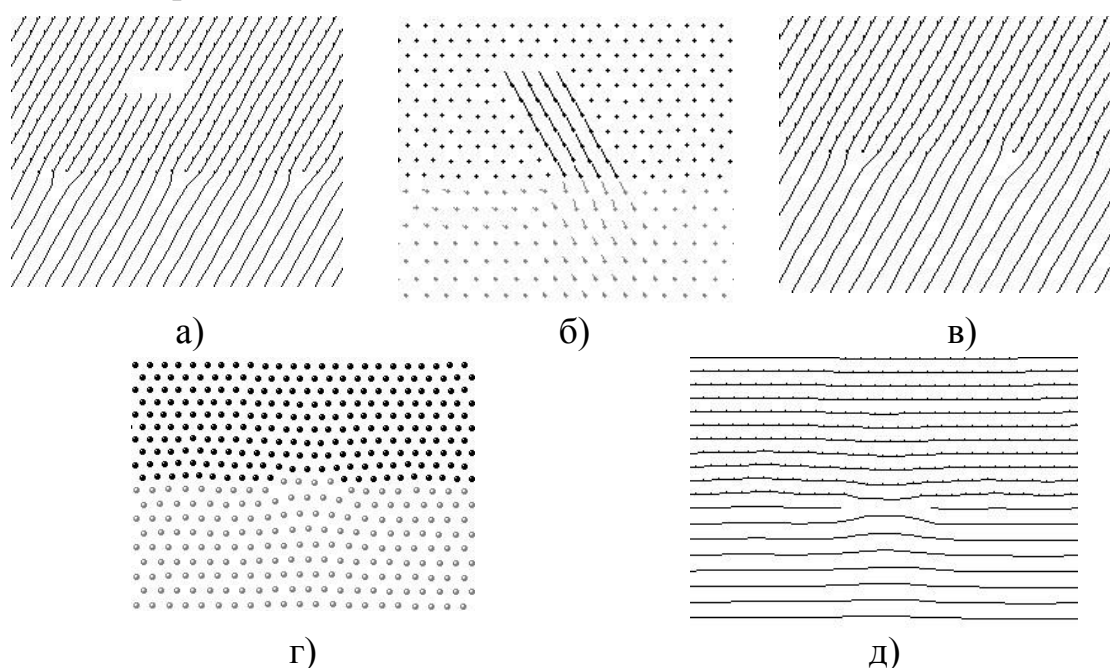
Искусственно созданная граница раздела металлов, подвергалась процедуре релаксации, в течение которой граничные атомы занимали равновесное положение. В результате релаксации наблюдалось повышение температуры ячейки до нескольких десятков Кельвин. Время релаксации ячейки составило 100 пс, на этап охлаждения было отведено 10 пс. В итоге формировалась граница с характерными дислокациями несоответствия.

Следующий этап эксперимента состоял из внедрения от 3 до 10 вакансий на различном расстоянии от границы биметалла. При дальнейшей релаксации ячейки происходили направленные смещения атомов вдоль плотноупакованных направлений, обусловленные взаимодействием упругих полей комплекса вакансий и дислокаций.

Серия компьютерных экспериментов показала, что внедрение комплекса вакансий приводит к смещению атомов вдоль направления плотной упаковки от границы биметалла к месту внедрения вакансий. При этом среди рассмотренных биметаллических соединений наблюдались существенные различия в данном процессе.

Эксперименты, проведенные с биметаллическим сплавом Ni-Al, показали, что наличие комплекса вакансий (рисунок 1, а) в Ni вызывает кооперативные атомные смещения от границы биметалла (рисунок 1, б), при этом происходило перемещение вакансий к границе биметалла. Однако движения дислокаций не наблюдается (рисунок 1, в). Вакансии после релаксации расчетного блока располагались на границе биметалла Ni-Al (рисунок 1, г,в).

Установлено, что отличие в отношении упругих модулей играет определяющую роль в структурно энергетических трансформациях границы биметаллов при наличии вблизи комплексов вакансий.



а) показана начальная конфигурация вакансий в расчетном блоке, б) атомные смещения в результате движения вакансий, в) положение дислокации несоответствия, г) смещения атомов крайнего ряда Al в сторону Ni, д) вакансионная дислокационная петля после релаксации расчетного блока на границе биметалла

Рисунок 4 - Результаты внедрения четырех вакансий в 10 ряд от границы биметалла Ni-Al. Продолжительность эксперимента 5 пс.

Методом молекулярной динамики показано, что процесс массопереноса в биметаллических системах зависит от отношения упругих модулей и отношения эффективных размеров атомов компонент сплава. В биметалле Ni-Al массоперенос не сопровождался диссипативным движением дислокации, не зависимо от числа и положения дислокационного комплекса.

УДК 544-97: 669.046.58

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В МЕТАЛЛЕ И FeO В ШЛАКЕ НА ПРОЦЕСС ДЕСУЛЬФУРАЦИИ, ДЕФОСФОРАЦИИ

Бухгольц Э.И, Ягунова Д.Е.

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

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В настоящее время общепринятых законченных теорий рафинирования стали от вредных примесей нет [1]. Однако для решения этой проблемы необходимо рассматривать сложные химические процессы, одновременно протекающие в твердых, жидких и газовых фазах [2].

При температурах 1460 - 1535°C изучили влияние углерода и оксида железа (II) на скорость десульфурации и дефосфорации. Установлено, что с увеличением концентрации оксида железа(II) изменяется константа скорости. Эту зависимость можно описать уравнением:

$$k=KC(FeO) \quad (1)$$

Зависимость константы скорости реакции (k) от концентрации FeO в шлаке при исходных концентрациях углерода 4% и серы 0,1% представлена на рисунке 1. Концентрацию FeO не удалось поднять выше 9,8 % из-за выбросов шлака за счет бурного кипения и довольно быстрого разрушения тигля.

Обсуждая полученные результаты, необходимо учитывать следующие обстоятельства. Во-первых, увеличение содержания FeO в шлаке снижает его вязкость и, следовательно, увеличивает константу скорости массоотдачи серы. С другой стороны, при этом уменьшается показатель распределения. Итоговый результат зависит от соотношения этих влияний. Кроме того, необходимо учитывать, что при больших содержаниях FeO усиливается интенсивность перемешивания фаз за счет пузырьков монооксида углерода, выделяющихся в результате реакции выгорания углерода. В условиях наших опытов решающую роль играет, вероятно, изменение показателя распределения серы:

$$L = (S) / [S] \quad (2)$$

где (S)—содержание серы в шлаке;
[S] - содержание серы в металле.

Для данного состава шлака произведение L (% FeO) постоянно.

В условиях кислородно-конверторного производства были проведены опыты с промежуточными повалками на промышленных конвертерах емкостью 350т (таблица 1). В качестве величин, характеризующих десульфурацию и дефосфорацию металла, выбрали абсолютные скорость (W) и степень (α) удаления каждого из этих элементов. Рассматривали среднюю как за период продувки, так и в заключительном периоде, степень удаления примесей. К моменту промежуточной повалки концентрация фосфора снижалась незначительно. Заметное удаление того и другого компонента наблюдались в заключительный период продувки.

Для получения кинетических моделей рассмотрели зависимость абсолютных скоростей удаления серы W_S и фосфора W_P в заключительном периоде продувки от параметров процесса. Так, в частности для серы эти зависимости представлены на рисунках 2 и 3. Анализ этих зависимостей показал, что значительное влияние на W оказывает лишь концентрация серы в металле, возможно концентрация оксида железа (II) в шлаке, средняя высота фурмы над металлом и интенсивность продувки.

При увеличении температуры металла, концентрации оксида кальция и показателя основности шлака, скорость удаления серы из металла возрастает.

Как и в случае лабораторных экспериментов, зависимость скорости удаления серы в шлак от ее концентрации в металле можно представить уравнением:

$$W = K ([S] - [S]^*) \quad (3)$$

где K - коэффициент пропорциональности, зависящий от температуры;
 $[S]$ и $[S]^*$ - соответственно фактическая и равновесная со шлаком концентрация серы в металле.

Фосфор, по мнению большинства исследователей, окисляется преимущественно на поверхности раздела металл-шлак. На скорость окисления фосфора W определенное влияние оказывают: его концентрация в металле (рис. 4), концентрация оксида железа (II) в шлаке и температура металла. Зависимость W от $[P]$ практически линейная:

$$W = K ([P] - [P]^*), \quad (4)$$

где K - коэффициент пропорциональности;

$[P]^*$ - равновесная со шлаком концентрация фосфора в металле.

Скорости окисления примесей чугуна W зависят не только от концентрации элемента, но и от температуры металла, состава металла, шлака (FeO), основности, управляющих воздействий, поверхности взаимодействия металл-шлак. Кроме того, все эти величины при продувке меняются во времени. Поэтому при создании кинетических моделей не обойтись без динамических моделей основных процессов конверторного

передела. В качестве основных для кислородно-конвертерного способа производства стали выделим следующие процессы:

- 1) процессы рафинирования металла, осуществляющиеся преимущественно через гетерогенные реакции окисления;
- 2) процесс плавления металлолома;
- 3) процесс шлакообразования, связанный с реакциями окисления примесей чугуна, растворения извести и шпата, частично с растворением футеровки (MgO);
- 4) гидродинамические параметры процесса.

Все рассматриваемые нами реакции являются гетерогенными и протекают на границе жидких и газовых фаз. Их адекватная модель может быть получена лишь в сочетании с количественными моделями S , q , h .

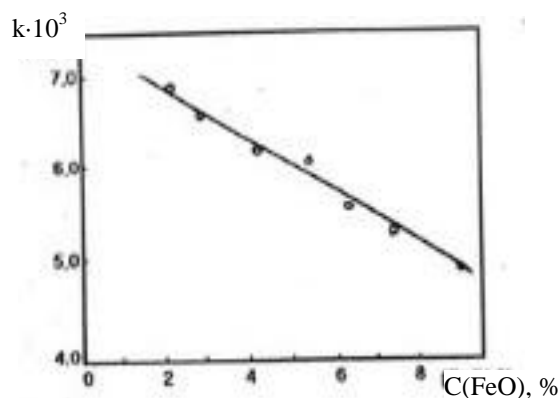


Рисунок 1 - Зависимость формальной константы скорости реакции от концентрации (FeO) в шлаке

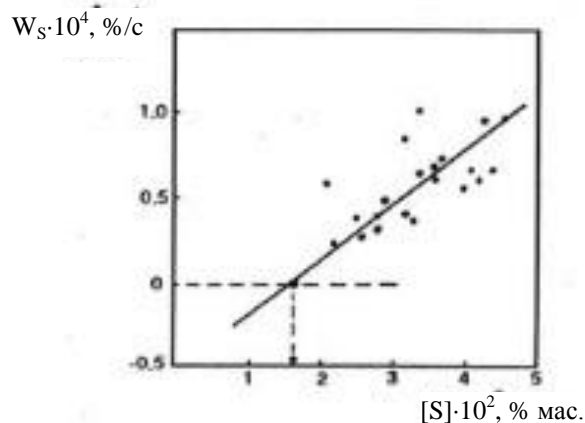


Рисунок 2 - Зависимость скорости десульфурации металла в заключительном периоде продувки

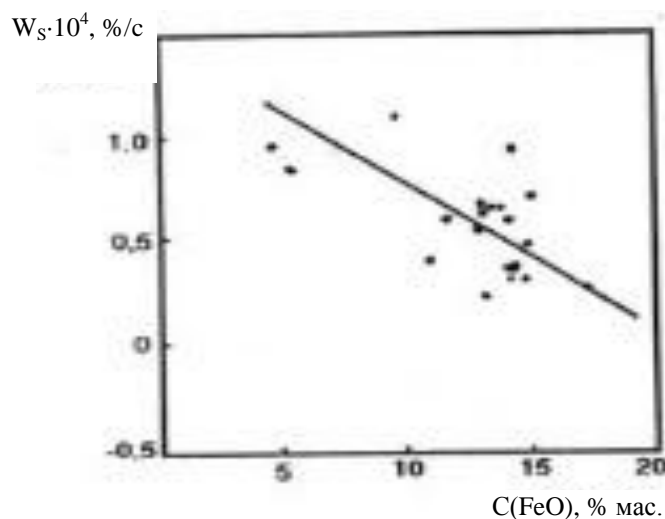


Рисунок 3 - Зависимость скорости удаления серы от концентрации оксида железа (II)

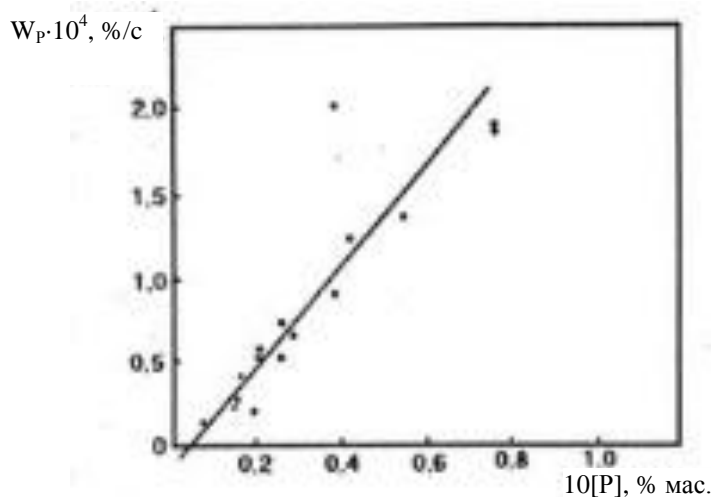


Рисунок 4 - Зависимость скорости дефосфорации металла от концентрации фосфора на повалке.

Таблица 1 - Качественные характеристики процессов десульфурации и дефосфорации

	Показатели дефосфорации				Показатели десульфурации			
	степень дефосфорации		скорость дефосфорации		степень десульфурации		скорость десульфурации	
	α		$W_p \cdot 10^4$		α		$W_s \cdot 10^4$	
	пром.	опыт.	пром.	опыт.	пром.	опыт.	пром.	опыт.
1	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,850	0,533	1,334	0,294	0,098	0,541	0,147	0,735
2	0,790	0,714	1,24	0,577	—	0,581	—	0,962
3	0,905	0,667	3,05	0,515	—	0,528	—	0,699

Продолжение таблицы 1

	Показатели дефосфорации				Показатели десульфурации			
	степень дефосфорации		скорость дефосфоации		степень десульфурации		скорость десульфурации	
	α		$W_p \cdot 10^4$		α		$W_s \cdot 10^4$	
	пром.	опыт.	пром.	опыт.	пром.	опыт.	пром.	опыт.
1	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0,922	0,824	3,13	0,409	—	0,583	—	0,614
5	0,827	0,842	2,813	0,930	—	0,50	—	0,610
6	0,921	0,667	2,89	0,258	—	0,536	—	0,388
7	0,809	0,827	2,74	1,254	—	0,440	—	0,383
8	0,827	0,763	2,397	2,132	—	0,441	—	1,103
9	0,743	0,815	2,230	1,406	0	0,477	0	0,671
10	0,755	0,837	1,87	2,515	0,179	0,438	0,087	0,859
11	0,876	0,808	2,852	0,724	—	0,609	—	0,966
12	0,861	0,760	1,37	0,543	—	0,500	—	0,571
13	0,696	0,815	2,867	1,925	—	0,406	—	0,404
14	0,696	0,934	3,101	1,944	—	0,706	—	0,656
15	0,963	0,625	3,47	0,135	0,034	0,429	0,016	0,324
16	0,910	—	1,41	—	0,25	0,545	0,171	0,372
17	0,800	—	1,22	—	0	0,512	0	0,675
18	0,860	0,786	2,68	0,661	—	0,364	—	0,240
19	0,905	0,474	2,79	0,221	—	0,462	—	0,295
20	0,947	—	2,951	—	—	0,552	—	0,492

Библиографический список.

1. Бороненков В.Н., Поздняков А.Д., Математическая модель кинетики совместного окисления примесей железа расплавленным шлаком // В кн. Физико-химические исследования металлургических процессов. Свердловск УПИ им С.М. Кирова, 1979, С. 75-83.

2. Яковлев Ю.Н. Физическое и математическое моделирование сталеплавильных процессов // Науч. Тр ММИ – М. Металлургия 1991, С. 32-44.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМА ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Бухгольц Э.И

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

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

Температурная зависимость плотности и молярного объема чистых жидких компонентов известна и при небольших перегревах выше точки плавления может быть описана уравнением прямой. Температурный коэффициент плотности сильно различается для разных веществ [1]. В связи с тем, что энергия взаимодействия Q может изменяться с температурой, константа α может быть разной при рассмотрении широкого диапазона температур. Для полного согласия с данными [2] необходимо предположить температурную зависимость константы этой системы в виде уравнения

$$\alpha = 22,1 - 0,013T, \quad (1)$$

которое согласуется с температурной зависимостью Q в этой системе [3].

Расчетное уравнение примет вид:

$$V = (4,84 + 17,17 \cdot 10^{-4}T)X_{Fe} + (5,276 + 1,77 \cdot 10^{-4}T)X_C + (22,1 - 0,013T)X_{Fe}X_C \quad (2)$$

Сравнение с опытными данными показано на рисунке 2 линией 1 для 8,25 ат. % С. Линии 2, 3 рассчитаны по уравнению (2). Различие между линиями 1 и 2 при 1390С° около 1%; а между 1 и 3 раза в два больше. Для более полного согласия уравнения (2) с линией 1 можно принять меньшее значение температурного коэффициента в уравнении (1). Таким образом, в системе Fe-C температурный коэффициент изменения объема при смешивании оказывается зависящим от содержания углерода.

Для системы Fe-Si на основании данных [2] температурный коэффициент определяется выражением:

$$\alpha = 35,6 - 0,0205T \quad (3)$$

С учетом уравнений (2) и (3) находим

$$V = (4,84 + 17,17 \cdot 10^{-4}T)X_{Fe} + (8,39 + 16,03 \cdot 10^{-4}T)X_{Si} + (35,6 - 0,0205T)X_{Fe}X_{Si} \quad (4)$$

Сравнение расчетных и опытных данных показано на рисунке 1.

Температурный коэффициент изменения объема при смешивании в этой системе отрицательный, а величина Q с температурой возрастает [4].

Для системы Fe-P аналогично предыдущим системам имеем

$$V = (4,84 + 17,17 \cdot 10^{-4}T)X_{Fe} + (41,3 - 0,0173T)X_P \quad (5)$$

Результаты расчета и опытные данные приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Опытные данные для тройного сплава Fe – C – P с 8,2 ат.%C (1,9вес%) и 3,0ат. %P (1,8вес.%) приведены в работе [2] для 1292-1700°С. Из уравнений (2), (4) и (5) для этой системы получим

$$V=(4,84+17,17 \cdot 10^{-4}T)X_{Fe}+(5,276+1,77 \cdot 10^{-4}T)X_C+ \\ + (41,3-0,0173T)X_P+ (22,1-0,013T)X_{Fe}X_C \quad (6)$$

Опытные данные [2]показаны на рисунке 2 линией 4, а результат расчета по уравнению (6) - линией 5. Наибольшее различие наблюдается при низких температурах и колеблется в пределах 4%.

Если в уравнении (6) изменение объема при смешении принять, как показано в выражении (2), то есть не учитывать температурной зависимости ΔV^{CM} , то тогда получим:

$$V= (4,84+17,17 \cdot 10^{-4}T)X_{Fe}+(5,276+1,77 \cdot 10^{-4}T)X_C+ \\ +(41,3-0,0173T)X_P-3,0X_{Fe}X_C \quad (7)$$

Результаты расчета по этому уравнению показаны линией 6 на рисунке 2. Совпадение с опытными данными хорошие.

Поскольку выражение (2) проверено на сплавах с высоким содержанием углерода, то для расчета молярного объема жидких чугунов будем использовать уравнение:

$$V= (4,84+17,17 \cdot 10^{-4}T)X_{Fe}+ (5,276+1,77 \cdot 10^{-4}T)X_C+ (8,39+ \\ + 16,06 \cdot 10^{-4}T)X_{Si}+10,0X_{Mn}+(41,3-0,0173T)X_P-3,0X_{Fe}X_C-8,0X_{Fe}X_{Si} \quad (8)$$

Сопоставление расчетных данных приведено в таблице 1. Как видно из этих результатов, плотность жидкого чугуна разного состава и при разных температурах изменяется от 6,5 до 7,0 г/см³.

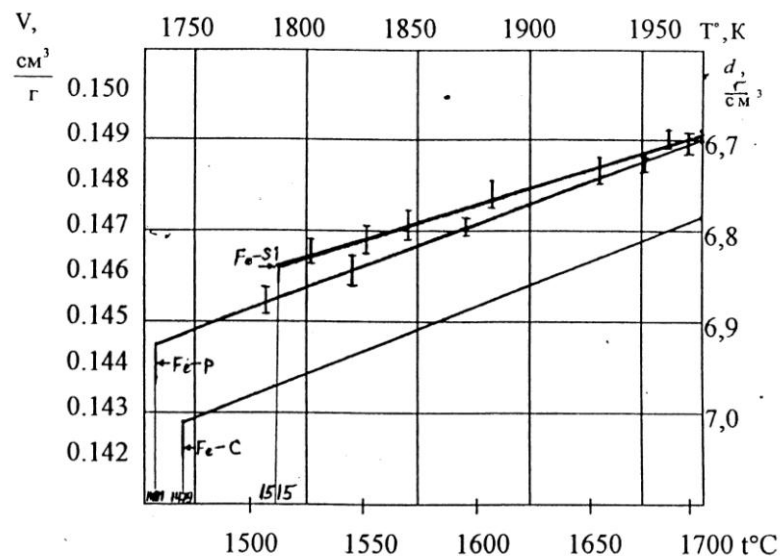


Рисунок 1 - Температурная зависимость плотности и удельного объема жидких сплавов Fe-C, Fe-P и Fe-Si с 4 ат.% растворимых элементов

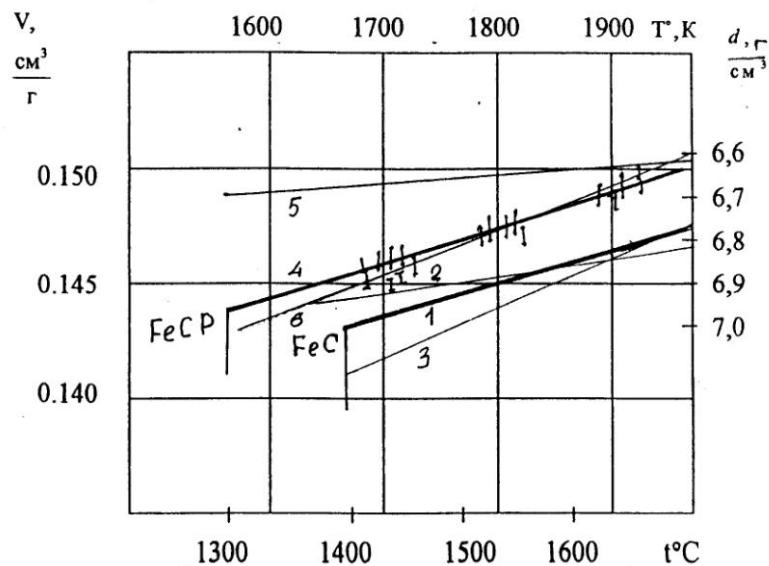


Рисунок 2 - Зависимость удельного объема и плотности сплавов Fe-C-1; Fe-C-P-2 от температуры

Таблица 1 - Опытные значения плотности

Температура, С°	Состав металла, % вес.				Удельный объем см ³ /г	Плотность, г/см ³
	С	Mn	Si	P		
1200	4,2	2,0			0,1450	6,90
1300	4,2	2,0			0,1478	6,765
1200	3,32	2,76	0,56	0,5	0,1445	6,92
1300	3,32	2,76	0,56	0,5	0,1477	6,77
1200	4,15		2		0,1432	6,99
1200	3,7	0,35			0,1410	7,09
1300	3,7	0,35			0,1428	7,00
1200	3,77	2,14	0,55	0,44	0,1453	6,88
1500	3,77	2,14	0,55	0,44	0,1502	6,66
1100	3,05	0,06	0,12	2,2	0,1377	7,26
1200	3,05	0,06	0,12	2,2	0,1410	7,08
1200	3,9				0,1368	7,31
1200	3,9				0,1385	7,22
1200	3,9				0,1462	6,84
1400	3,5	2,6	0,5		0,1485	6,74
1600	3,5	2,6	0,5		0,1557	6,42

Экспериментальное изучение плотности литейных чугунов проводилось методом гидростатического взвешивания [5]. Были изучены исходные и обработанные чугуны пяти марок (от ЛК-0 до ЛК-4) (таблица 2).

Таблица 2 - Плотность литейных чугунов

Марка чугуна	ЛК-0	ЛК-1	ЛК-2	ЛК-3	ЛК-4
Плотность исходного чугуна, г/см ³	6,9510	6,9960	7,0175	7,0570	7,0176
Плотность обработанного чугуна, г/см ³	7,0250	7,0525	7,0697	7,0697	7,0282
Увеличение Δρ в результате обработки, %	1,07	0,80	0,74	0,74	0,15
Содержание в чугуне кремня, % масс.	3,2	3,0	2,7	2,7	1,4

Как показали проведенные исследования, исходные чугуны всех марок имеют примерно одинаковую плотность. Уменьшение содержания кремня с 3,5% до 1,5% практически не оказывает влияние на плотность чугуна. Вероятно, это объясняется низкими свойствами чугунов, получаемых в доменных печах большого объема, наличием газовых раковин, пористости, спели и т.д.

Сравнение плотности исходных и обработанных чугунов показало, что во всех случаях обработка чугуна хлористым натрием способствует некоторому повышению плотности. При этом наибольшее увеличение наблюдается для марок с высоким содержанием кремня. Возможно, в этом случае обработка хлористым натрием в значительной степени тормозит процесс спелеобразования, чугун получается более плотным. Менее значительное повышение плотности при обработке низкокремнистых марок чугуна объясняется более высокими свойствами этих чугунов в исходном состоянии.

Библиографический список

1. Ватолин Н.А., // Изв А.Н. СССР, металлы, №6, 1996 - С. 21-23.
2. Lucas L.D. // Met Sci. Rev. Metallurg. 61, №2, 1964 - С. 97-116.
3. Бурылев Б.П. // Ж. физ. Химич., 38, Т.2, 1964 - С. 313-315.
4. Ойкс Г.Н. // Бюллетень ЦНИИ ЧМ- 1957, №7 - С. 1054-1058.
5. Лившиц Б.Г. // Физические свойства металлов и сплавов. М.Машгиз, 1956. - 120 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ОТВЕРДИТЕЛЯ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЦЕХА ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА

Соловьева Н.Ю.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Павлович Л.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Показана возможность получения порошковых полимерных покрытий на базе отходов коксохимического производства (КХП) [1].

При антикоррозионной защите крупногабаритных изделий, в частности, при окраске труб, одним из основных требований к порошковым композициям для нанесения антикоррозионных покрытий является необходимость его быстрого формирования. Проведенные исследования по введению в рецептуру существующих порошковых композиций на основе эпоксидных смол КОФА путем его "сухого" смешения с остальными компонентами композиции в составе порошковых красок УП-2191, ЭП-49Д и др. показали, что применение КОФА как активного наполнителя нецелесообразно. Для получения покрытий соответствующих требованиям, предъявляемым к порошковым эпоксидным краскам, отверждающихся за 10-15 минут при температуре 180 - 230°C необходимым фактором является получение отвердителя.

Задача данного исследования сводится к разработке отвердителя для дальнейшего его использования в производстве дешевой, доступной эпоксидной порошковой краски на базе отходов цеха фталевого ангидрида (кубовых остатков цеха фталевого ангидрида), пригодной для покрытий крупногабаритных изделий, в частности в металлургическом производстве.

Отверждение системы с использованием существующих отвердителей (полиангидрида себациновой кислоты, карбоксилсодержащего полиэфира) не обеспечивают некоторых важных свойств покрытий, таких, как водостойкость при повышенных (до 80°C) температурах, относительное удлинение, и ряде случаев сопротивление удару и изгибу. Поэтому появилась необходимость синтеза отвердителя, обеспечивающего порошковой краске высокие стабильные характеристики технологических свойств и эксплуатационных свойств покрытия.

Литературные данные [2] свидетельствуют о том, что для синтеза линейных олигоэфиров с концевыми фенольными гидроксильными группами, которые используются в качестве отвердителей, наиболее пригодны эпоксидиановые смолы с молярной массой 450-1200г/моль и бисфенолы. Такие отвердители обеспечивают эпоксикомпозициям длительную жизнеспособность при температуре окружающей среды, быстрое отверждение (в присутствии ускорителя) при температуре 180-230°C, а в отвержденном состоянии имеют плотную сетчатую структуру,

благодаря которой покрытия на их основе обладают лучшей химстойкостью и гибкостью.

Было установлено, что для синтеза могут быть использованы эпоксидиановые смолы марки ЭД-20, ЭД-22, ЭД-8 (мол. масса 460-1075), а мольное соотношение смолы и дифенилолпропана должно быть равным 1:(3,5-3,6). Такое соотношение компонентов должно обеспечить получение отвердителя, содержащего 80% линейного олигоэфира с концевыми фенольными гидроксильными группами и 20% свободного дифенилолпропана, имеющего массовую долю гидроксильных групп от 7 до 10%.

В качестве катализаторов процесса получения отвердителя были испытаны третичные амины: диметилбензиламин (ДМБА), 2-(диметиламинометил)-фенол (ускоритель УП-606/3), 2,4,6-трис(диметиламинометил)-фенол (ускоритель УП-606/2), триэтиламин, несимметрично замещенные мочевины (НМЗ): 1,6-бис (N,N¹-диэтилуреидогексан (ускоритель УП-604/1) и 1,6-бис(N,N¹-фенилууреидогексан (ускоритель УП-604/3); фосфониевые соединения: метилтрифенил фосфоний иодид (М-ТФФИ) и октил-трифенил фосфоний бромид (О-ТФФБ); а также имидазолы: 2-метилимидазол (2-МИЛ), бензимидазол, 2-метилбензимидазол.

Разработана технология получения отвердителя сплавлением эпоксидиановой смолы ЭД-8, ЭД-20 или ЭД-22 с дифенилолпропаном (ДФП), взятым с небольшим избытком, в присутствии 1,6-бис (N,N¹-диэтилуреидо) гексана (ускоритель УП-604/1).

Библиографический список

1. Павлович Л.Б., Алексеева Н.М., Салтанов А.В. и др. Использование отходов производства для порошковых эпоксиполиэфирных красок// Кокс и химия.- 1999.- № 4. - С. 23-26
2. Мухау И.О. и др. В сб.: Химия и технология реакционноспособных олигомеров. - М.: ЛТИ им. Ленсовета.- 1984.- С. 87-92.

УДК 667.6:66

ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИКАТОРА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК, НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЦЕХА ФТАЛЕВОГО АНГИДРИДА

Соловьева Н.Ю.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Павлович Л.Б.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Анализ современного состояния антикоррозионной защиты в развитых странах показывает, что порошковые полимерные материалы (ППМ)

занимают прочное место в различных отраслях промышленности. Это объясняется комплексом преимуществ, присущих порошкам и покрытиям на их основе, включая невысокую стоимость, снижение токсичности, удобство транспортирования, повышение безопасности проведения работ, уменьшение проблем с ликвидацией отходов [1].

В основном такие композиции состоят из эпоксидных диановых смол, модификатора, отвердителя, ускорителя, регулятора растекания; пигментов и наполнителей в различном соотношении в зависимости от их свойств и назначения краски.

Показана возможность получения ППП на базе отходов коксохимического производства (КХП) [2].

Задача данного исследования сводится:

- к разработке модификатора для дальнейшего его использования в производстве дешевой, доступной эпоксидной порошковой краски на базе отходов цеха фталевого ангидрида (кубовых остатков цеха фталевого ангидрида), пригодной для покрытий крупногабаритных изделий, в частности в металлургии;

- к получению продукта с температурой плавления в пределах 65-85°C с целью обеспечения оптимальных технологических свойств порошковой композиции при изготовлении её экструзионным способом.

Температура размягчения продукта, содержание эпоксидных и гидроксильных групп, и, следовательно, его реакционная способность, определяются соотношением исходных компонентов, активностью катализатора, температурой и продолжительностью процесса. В качестве катализатора процесса были испытаны ароматические амины, соли металлов, производные имидазола и несимметрично замещенные мочевины (НЗМ). Наиболее эффективным катализатором процесса получения ЭН-6М явилась НЗМ 1,6-бис (N, N¹ - диэтилуреидо) - гексан (ускоритель УП-604/1).

При содержании УП-604/1 в количестве 0,5 мас.ч. на 100 мас. ч. олигомера достигается минимум продолжительности процесса конденсации. Окончание процесса контролировали по достижению постоянного содержания эпоксидных групп, температуре каплепадения и вязкости продукта (50%-ного раствора в диоксане). Оптимальные значения времени конденсации и содержания эпоксидных групп достигались при температуре конденсации, равной 130-135° С.

Исследование физико-химических свойств модифицированной эпоксиноволачной смолы, синтезированной при температуре 130-135°C, продолжительности процесса 15-20 мин, содержании УП-604/1 = 0,5 мас.ч. на 100 мас. ч. олигомера и различном соотношении ЭН-6 иДФП показало, что наиболее отвечают требованиям к компонентам для порошковых красок по температуре размягчения образцы продукта, полученные при их массовом соотношении ЭН-6:ДФП = 100:(12-15).

Введение полученного форполимера в состав порошковой композиции на основе эпоксидиановой смолы Э-49 и полиэпоксифталата на основе

КОФА, отвердителя - гидроксилсодержащего полиэфира и ускорителя – хелата цинка позволило значительно сократить время ее отверждения и повысить защитные свойства покрытий.

Повышение массовой доли эпоксидных групп в смоле ЭН-6М способствовало сокращению времени отверждения порошковой композиции.

Соотношение исходных компонентов и свойства модифицированной эпоксисоволачной смолы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Соотношение исходных компонентов и свойства модифицированной эпоксисоволачной смолы

№ образцов	Количество исходных компонентов, (мас. ч.)		Свойства		
	ЭН-6	бисфенол А	эпоксидное число, % мас	температура размягчения ("КиШ"), °С	молярная масса, г/моль
1	100	10	17,2	55-57	920
2	100	12	16,1	63-64	1020
3	100	15	14,9	72-74	1085
4	100	19	13,8	82-84	1145
5	100	22	12,5	86-88	1160
6	100	25	8,9	107-108	1230
7	100	30	8,3	115-117	1390
8	100	12	14,2	68-72	1150
9		15	13,8	80-82	1270
10	100	20	10, 1	102-106	1320

Таким образом, исследования показали, что модификацию смолы ЭН-6 нужно осуществлять при температуре $125 \pm 5^\circ\text{C}$ при соотношении 100 мас.ч. смолы на 20 мас.ч.ДФП. Вся операция идет 20-120 мин. Добавляют катализатор 0,3 мас.ч. и 2-МИЛ перед завершением процесса. Эксперименты показали, что с введением модифицированной эпоксисоволачной смолы в порошковую краску получены в лабораторных условиях порошковые композиции со временем отверждения 8 минут.

Библиографический список

1. Яковлев А.Д. Порошковые краски. - Л.: Химия.-1987. -216 с.
2. Павлович Л.Б., Алексеева Н.М., Салтанов А.В. и др. Использование отходов производства для порошковых эпоксиполиэфирных красок// Кокс и химия.- 1999.- № 4.- С 23-26.

II. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.235; 622.232

МОНИТОРИНГ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

Серг А.Г., Егоров Д.А.

Научный руководитель: к.т.н. Машуков И.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Открытый способ разработки угольных месторождений в Кузбассе имеет ряд преимуществ, главными из которых являются невысокая себестоимость добычи угля, высокая производительность и безопасность труда рабочих. В настоящее время наиболее распространенным способом разрушения горных пород остается взрывной. Однако массовые взрывы оказывают негативное влияние на окружающие территории. Основными негативными проявлениями являются: ударная воздушная волна, разлет кусков породы, вредные газы, пылеобразование, сейсмическое воздействие на окружающие объекты.

С увеличением количества угольных разрезов в Кузбассе, приближения горных работ к населенным пунктам и ростом объемов взрываемых ВВ усиливается сейсмическое воздействие массовых взрывов. Это привело к многочисленным жалобам населения жилого сектора, расположенных не только в непосредственной близости от участков открытых горных работ, но и находящихся на значительном удалении от них.

На основании обращений разрезов юга Кузбасса за последние два-три года осуществлялся мониторинг уровня сейсмического воздействия на охраняемых объектах при производстве массовых взрывов на горных отводах ООО «Разрез Березовский», ООО «Разрез Бунгурский-Северный», ООО «Энергоуголь», ООО «Разрез «Корчаковский», «УК «Кузбассразрезуголь» «Талдинский угольный разрез», ООО «Разрез «Южный», ООО «Разрез Степановский», ОАО «Разрез «Томусинский», ОАО «Междуречье», и других разрезов. В измерениях принимали участие студенты третьих – пятых курсов специальности «Взрывное дело» института горного дела и геосистем ФГБОУ ВПО «СибГИУ». Регистрация сейсмических колебаний земной поверхности от массовых взрывов, проводимых на предприятиях, проводилась в поселках Ясная Поляна, Маганак, Матюшино, Притомский, Казасс. Оценка величины сейсмических колебаний проводилась при производстве более 200 массовых взрывов, в основном, в двух пунктах наблюдения.

Пункты регистрации сейсмических воздействий находились на расстоянии от 300 м до 12 км. Общая масса ВВ на взрыв колебалась от 3 до 270 т.

Анализ результатов проведенных измерений сейсмического воздействия показывает, что в большинстве случаев при проведении массовых взрывов колебания земной поверхности не превышали допустимых значений (в десять и более раз). Однако имели место аномальные проявления этого воздействия, например, в жилом секторе поселка Притомский г. Междуреченска. Территория с охраняемыми зданиями и сооружениями этого поселка находится на расстоянии менее одного километра от опасного производственного объекта - горного отвода ОАО «Разрез «Томусинский». Одноэтажные жилые здания по СНиП 2.01.07-85 [1] относятся ко второму классу ответственности и по состоянию нарушенности (в несущих конструкциях трещины до 0,5 мм, в стенах из кирпича и в крупных блоках до 3 мм, вертикальность массива фундамента нарушена, повреждения в размере до 40 %) - ко второй категории. Грунты в основаниях зданий и сооружений поселка Притомский согласно классификации ГОСТ 25100-95 [2] соответствуют второй группе. Допустимая скорость колебаний в основании одноэтажных жилых зданий (РТМ 36.22.91) для грунтов второй группы составляет 2 см/с [3].

Расчет массы взрывааемых зарядов при условии обеспечения безопасного расстояния по сейсмическому воздействию в проектах массовых взрывов, проводимых ОАО «Взрывпром Юга Кузбасса», соответствовал Единым правилам безопасности при взрывных работах [4].

Превышение предельно допустимых значений скорости сейсмических колебаний земной поверхности зарегистрировано при производстве четырех массовых взрывов: 07.09.10 г. (масса ВВ 252801 кг, сейсмограммы скоростей колебаний показаны на рисунке 1), 24.09.10 г. (106144 кг), 13.10.10 г. (100536 кг), 19.11.10 г. (48752,38 кг) в жилом доме по адресу ул. Луначарского, д. 39.

Полученные при измерениях максимальные значения скоростей сейсмических колебаний земной поверхности составляли до 3,0 см/с (в горизонтальном направлении). Причем, при производстве массового взрыва 19.11.10 г. регистрация сейсмических колебаний земной поверхности производилась в двух пунктах наблюдения: в жилых одноэтажных домах по улице Луначарского д. 39 и в доме 41, на расстоянии 20 м друг от друга. При этом значения скорости сейсмических колебаний земной поверхности существенно отличались: в доме 39 сейсмические колебания земной поверхности превысили предельные значения, а в доме 41 значения скорости были в 3-6 раз меньше. Это свидетельствовало о наличии аномальной зоны (неоднородность пород по физико-механическим свойствам, тектонические нарушения). Также отмечалось, что величина скорости сейсмических колебаний в этой зоне не зависит от общей массы взрывааемого ВВ.

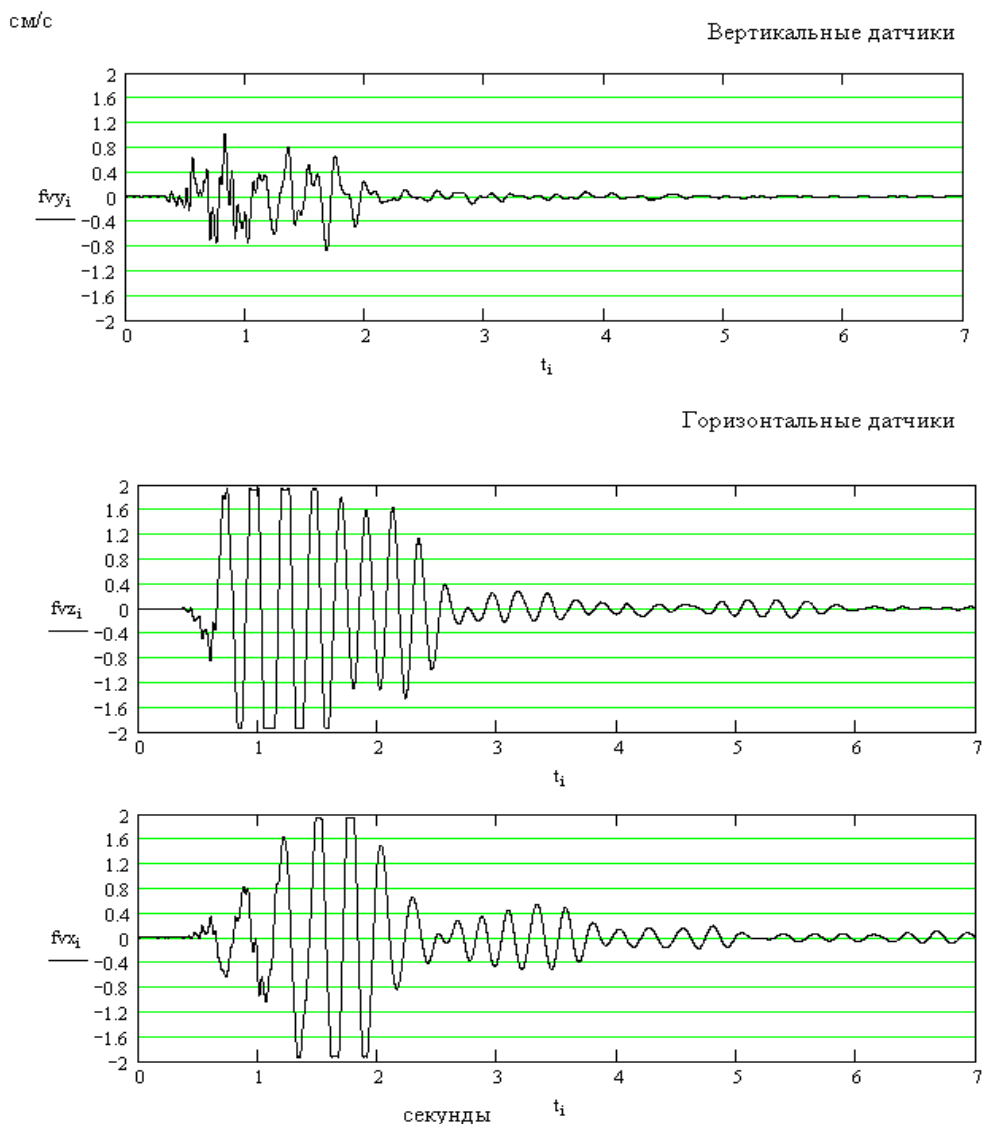


Рисунок 1 - Сейсмограммы скоростей колебаний в вертикальном и горизонтальных направлениях 07.09.10 г. с массой ВВ во взрыве 252801 кг на разрезе Томусинский в жилом доме поселка Притомский по адресу ул. Луначарского дом 39.

Для таких случаев, особенно при отсутствии результатов горно-геологических и гидрологических изысканий необходимо проведение инструментальных наблюдений за уровнем сейсмических колебаний земной поверхности от массовых взрывов, проводимых вблизи охраняемых объектов. Требуется определение уровня безопасности проведения массовых взрывов по допустимым величинам колебаний охраняемых зданий с учетом степени их ответственности. По результатам проведенных измерений можно определить общие закономерности и определить мероприятия по снижению воздействия этих взрывов. При величине скорости колебаний земной поверхности, близкой к предельно допустимой скорости, необходима корректировка параметров буровзрывных работ путем снижения массы одновременно взрываемого заряда, использования рассредоточения ВВ по длине скважин, изменения параметров скважинных зарядов.

Вывод

Сейсмическая безопасность проведения массовых взрывов достигается соблюдением параметров буровзрывных работ, обеспечивающих безопасные расстояния по сейсмическому воздействию, рассчитанные по формулам Единых правила безопасности при взрывных работах. Однако в отдельных случаях могут проявляться аномальные зоны с повышенным уровнем сейсмических колебаний, превышающими допустимые значения. Для таких случаев необходимо проведение инструментальных наблюдений за уровнем сейсмических колебаний земной поверхности от массовых взрывов.

Библиографический список

1. СНиП 2.01.07-85 с изменениями №2, утвержденными Госстроем России постановлением №45 от 29.05.2003 г. Нагрузки и воздействия.
2. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.
3. Определение критических параметров колебаний охраняемых объектов при взрывном дроблении фундаментов и обрушении зданий при реконструкции. РТМ 36.22.91 / Сост. Л.М. Глозман, Н.А. Маковская, В.О. Изофов и др. - М.: Недра, 1982.
4. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01), утвержденные Постановлением Госгортехнадзора России от 30.01.01 г. № 3.

УДК 622.35

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕТОНАТОРОВ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ

Гришунин М.К.

Научный руководитель: Залесская О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

По запасам природных ископаемых Россия занимает лидирующие позиции в мире. Добывающие отрасли промышленности являются основными в народном хозяйстве нашей страны. Для добычи большинства полезных ископаемых не обойтись без применения взрывчатых материалов и, как правило, стоимость взрывных работ составляет существенную долю в структуре себестоимости добываемого сырья.

При массовых взрывах, как, например, при открытой добыче руды, используются тысячи тонн взрывчатых веществ. Технология и номенклатура взрывчатых веществ, не изменявшаяся многие десятилетия, сейчас переживает активную модернизацию. Вместо тротилосодержащих взрывчатых веществ все чаще используются эмульсионные взрывчатые вещества. Технология инициирования также не стоит на месте. Вместо огнепроводных шнуров и электрических систем взрывания всё чаще

применяются современные электронные системы и неэлектрические системы повышенной безопасности.

На сегодняшний день электронная система взрывания является новой технологической цепью для ведения взрывных работ и позволяет повысить управляемость взрывом, снизить сейсмичность массива и КПД использования энергии взрыва. Электронная система взрывания позволяет осуществлять контроль и непосредственное взрывание всей сети.

Системы электронного взрывания широко зарекомендовали себя за рубежом, и начинают активно развиваться в России.

На открытых горных работах при проведении массовых взрывов степень дробления и разлет взрывающей породы, проработка подошвы уступа и параметры развала взорванной горной массы, сейсмическое и акустическое действие взрыва на окружающую среду зависят не только от правильно выбранной последовательности короткозамедленного взрывания скважин (КЗВ), но и от точности инициирования зарядов во времени. До появления электродетонаторов с электронным замедлением (ЭДЭЗ) строго соблюдать эти условия не представлялось возможным, так как для выпускаемых промышленностью средств инициирования (ЭДКЗ или РП-Н) существовал определенный набор интервалов замедления (не менее, чем через каждые 10, 15, 20 или 25 мс), а точность срабатывания составляла примерно плюс–минус 10% от времени замедления.

Качественно новое решение состояло в отказе от замедляющих составов и использовании вместо них микропроцессора. Это позволило создать новый класс электродетонаторов – с электронным замедлением (ЭДЭЗ), которые позволяют программировать время срабатывания при минимальном шаге КЗВ 1 мс с точностью до 1 мс в диапазоне от 0 до 12 с.

Кроме того, ЭДЭЗ имеет мощную встроенную защиту от блуждающих токов и бытовых источников как постоянного, так и переменного токов (батареи, аккумуляторы, сеть 220 В). Если подключить такой детонатор к розетке 220 В, то он не только не взорвется, но и не выйдет из строя. Чтобы взорвать такой детонатор, необходимо подать на его вход особую, хорошо защищенную (в информационном смысле) кодовую последовательность. Такая последовательность из шумов и помех сформироваться не может. Это исключает возможность несанкционированного их применения.

В отличие от обычных детонаторов с пиротехническим замедлением, ЭДЭЗ при разлете не дают тлеющих осколков, что делает их безопасными при применении в шахтах, опасных по газу и пыли. Особенности, присущие ЭДЭЗ, затрудняют их использование в диверсионно-террористической деятельности. Для успешного проведения несанкционированного взрыва, кроме самих детонаторов, необходимо иметь управляющий компьютер, согласующий адаптер, специальное программное обеспечение и достаточный уровень подготовки личного состава.

Применение системы электронного инициирования позволяет из-за высокой точности исполнения замедлений интенсифицировать дробление

трудно взрываемых рудовмещающих пород путём легко выполняемого двухстороннего инициирования каждого скважинного заряда (верха и дна). Широкое промышленное внедрение многоточечного (двухстороннего) инициирования в практику горных работ до настоящего времени сдерживалось отсутствием соответствующих, достаточно технологичных, средств инициирования.

Системы электронного инициирования имеют высокую надёжность, возможность исполнения лучшего дробления горных пород, осуществление персональной ответственности одного человека за результаты всего производства взрывов и их непосредственное моделирование на компьютере.

На сегодняшний день одной из самой совершенной (и дорогой) системой электронного взрывания является система I-КонTM – ORIKA (до 3200 детонаторов при длине магистрали до 2 км). Система электронного взрывания I-КонTM используется на многих шахтах и карьерах в 25 странах. С использованием электронных детонаторов было произведено более 20 тыс. взрывов. Это доказывает, что I-КонTM позволяет горным предприятиям оптимизировать такие параметры как: сейсмичку, устойчивость бортов, безопасность взрывных работ, общие расходы на бурение, транспортировку и дальнейшую переработку сырья. В отличие от других электронных систем инициирования I-КонTM обеспечивает двухстороннюю связь с детонатором в скважине, что позволяет проводить корректирующие действия до начала взрывания.

Новосибирский Механический завод "Искра" приступил к освоению нового вида продукции. Средства инициирования нового поколения представляют собой детонатор со встроенным сверхминиатюрным интеллектуальным микроконтроллером.

На сегодняшний день одной из самых совершенных систем электронного взрывания является система «DaveyTronic» – Davey Bickford (до 1500 детонаторов при длине магистрали до двух километров). Система электронного взрывания «DaveyTronic» используется на многих разрезах холдинговой компании "Сибирский Деловой Союз". С использованием данной системы было произведено большое количество взрывов.

Используемые подходы для оценки сейсмостойкости условно можно разделить на две группы. К первой группе можно отнести методы, основанные на нормировании самих сейсмических воздействий. При этом нормируемым сейсмическим параметром служат максимальные ускорения, скорости колебаний основания или максимальные смещения основания под защищаемыми объектами. В силу ряда причин в горном деле нормируются предельно допустимые скорости смещения грунта. Выбор в качестве нормируемого критерия скорости смещения грунта на свободной поверхности грунта традиционно объясняется тем обстоятельством, что скорости колебаний лучше коррелируют с повреждениями защищаемых зданий и сооружений.

Использование в качестве критерия величины скорости колебаний позволяет ввести в рассмотрение такой параметр, как поверхностная плотность энергии продольной сейсмической волны, являющейся обобщенной (интегральной) характеристикой сейсмического воздействия и связывающей энергию взрыва с кинетической энергией движения частиц грунта.

Вывод

В целом, применение новой системы взрывания с электронным замедлением позволяет 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; повысить безопасность ведения взрывных работ.

УДК 622.831.3.001.5

ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА

Сурков А.В, Никитина А.М.

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

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

С целью обоснования технологии вскрышных работ с использованием природного ландшафта проведен анализ существующих способов отвалообразования. Анализ показал, что выбор способа отвалообразования во многом зависит от физико-технических свойств складированных пород и пород, лежащих в основании отвала, а также от средств механизации отвальных работ. Выбор средств механизации для складирования пород зависит в основном от видов карьерного транспорта.

На разрезе «Междуреченский» в настоящее время основными видами транспорта на перевозках вскрышных пород являются ж/д и автотранспорт. В проекте, как и в действующей схеме, приняты экскаваторный и бульдозерный способ отвалообразования. При ж/д транспорте вскрышных пород отвалообразование производится экскаваторами мехлопата и драглайн. При автотранспорте вскрышных пород для отвалообразования применяется бульдозер.

При изучении недостатков бульдозерного отвалообразования, являющегося до настоящего времени единственным способом приема вскрыши, вывозимой автомобильным транспортом, разработан способ приема грунта на автотранспорте. Предлагается применение драглайна на приеме автомобильной вскрыши. Драглайны могут применяться для

отвалообразования при автомобильном транспорте, особенно на карьерах со сложным рельефом местности, при использовании под отвалы бросовых площадей (старые гидроотвалы, заболоченные озера, старые русла рек и др.). Схемы отвалообразования драглайнами при автомобильном транспорте могут быть эффективно использованы для интенсификации отвальных работ по сравнению с бульдозерным отвалообразованием, создания стабильной технологии, при которой обеспечивается движение автосамосвалов по дорогам улучшенного качества.

Рассмотрев схему на примере разреза «Междуреченский» сделан вывод о том, что предложенный способ отвалообразования обеспечит высокопроизводительную и экономичную работу по складированию породы и дает следующие преимущества над бульдозерным отвалообразованием:

- созданы более безопасные условия для работы автомобильного транспорта на отвале с точки зрения подъезда к бровке отвала;

- значительно увеличена высота отсыпаемого яруса и сокращается протяженность транспортных коммуникаций, увеличиваются сроки их службы;

- появилась возможность отсыпать отвал выше транспортного горизонта, уменьшить протяженность, увеличить срок службы, улучшить качество временных автомобильных дорог на отвале;

- увеличена производительность автосамосвалов благодаря более высоким скоростям при передвижении и маневрах на отвале;

- работа автомобильного транспорта на отвале не зависит от климатических условий благодаря полустационарной разгрузочной площадке и улучшенному состоянию автодорог;

- под автоотвалы можно использовать площади старых гидроотвалов, поймы рек, озер, глубокие лога и овраги, так как разгрузочная площадка располагается вне зоны действия оползневых явлений;

- в значительной мере сократились бульдозерные работы при складировании породы вскрыши на отвале.

Так же изучены различные методы по рекультивации нарушенных земель в процессе выемки полезного ископаемого. В результате этого был сделан вывод, что рекультивация, которую проводят угольные предприятия, является не эффективной и не законченной (нарушенные земли так и не находят применения).

Были рассмотрены несколько направлений рекультивации нарушенных земель на данном предприятии в зависимости от последующего использования (сельскохозяйственное, архитектурно – планировочное, лесохозяйственное, водохозяйственное, рекреационное). На примере разреза «Междуреченский» приняты следующие решения по рекультивации горного отвода:

- создание водоёма и пляжа на месте не действующего участка карьера;

- для ограничения естественного оттока воды из карьера необходимо

отсыпать дамбу, а для заполнения карьера водой использовать недалеко протекающую реку;

- для удобства и безопасности отдыхающих необходимо выложить часть горного отвода подходящего под размещение пляжной территории;

- самый оптимальный уклон для создания зоны для купания и территории пляжа приблизительно 10 градусов;

- для создания данного уклона разработаны три способа:

1. Вырезка верхней бровки уступа отвала.

2. С частичной отсыпкой дна карьера.

3. С полной отсыпкой дна карьера до соединения необходимого уклона с рабочим бортом карьера.

УДК 681.3

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Козлов Б.А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Малофеев Д.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Важнейшей проблемой карьерной геомеханики является оценка устойчивости откосов в различных геологических условиях.

К настоящему времени в России и других странах СНГ при оценке устойчивости карьерных откосов используют расчетные методы и схемы Г.Л. Фисенко [1] и последователей его научной школы (методы ВНИМИ), которые отражены в нормативных документах [1, 2] и справочной литературе [3].

Точность расчета устойчивости откосов [1] зависит от расположения в откосе расчетных поверхностей скольжения; важно, чтобы эти поверхности действительно являлись наиболее слабыми. Форма поверхностей скольжения и их расположение в откосе зависят от геологического строения откоса и его профиля. Вторым вопросом, определяющим точность расчетов, является метод сложения сдвигающих и удерживающих сил, действующих по наиболее слабой поверхности. Допустимость применения того или иного метода сложения сил зависит от формы расчетной поверхности скольжения и объективности оценки факторов, оказывающих воздействие на массив.

Существующие нормативные документы [1, 2] и принятые методы оценки устойчивости откосов уступов и бортов карьеров базируются, главным образом, на положениях механики грунтов и в свое время были разработаны для относительно неглубоких карьеров в условиях массивов, представленных рыхлыми или непрочными осадочными породами.

Распространение этих методов на скальные породы сопровождается большим запасом в расчетах конструкций бортов и уступов, поскольку при этом не учитываются специфические особенности скальных массивов.

С целью нахождения наиболее прогрессивных точных и удобных методов оценки устойчивости для инженерных расчётов в скальных массивах железорудных карьеров произведён анализ существующих методов.

Стремление к наиболее полному учёту факторов, влияющих на устойчивость бортов и уступов, порождает использование математических моделей сред при определении напряженно-деформированного состояния (НДС) массива. Широкое распространение при оценке устойчивости бортов карьеров получил метод конечных элементов (МКЭ). Профессор П.С. Шпаков при расчёте устойчивости по своей методике учитывает профиль борта, литологические разности породного массива, гидрогеологические условия, тектоническую нарушенность, влияние внешней нагрузки от горнотранспортного оборудования и наличия внешних и внутренних отвалов. В зависимости от геометрической модели расчёта и принимаемого к анализу механизма деформирования откосов уравнение предельного равновесия включает элементы структурных особенностей прибортового массива, соответствующие конкретным условиям. С их учётом производится перебор потенциальных поверхностей скольжения в расчётной призме и выбирается наиболее опасная. Непосредственное решение уравнения выполняется численно-аналитическим способом, что делает данный метод для инженерных расчётов слишком трудоёмким. Очевидно, что для инженерной оценки метод конечных элементов не является оптимальным в силу своей трудоёмкости. Кроме того МКЭ не даёт достаточной точности в определении максимального и минимального компонентов поля напряжений и также данным методом невозможно выявить распределение напряжений в сложноструктурированных массивах [4].

Учеными Кольского научного центра РАН произведена обширная работа по геомеханическому и технологическому обоснованию предельных углов наклона борта на руднике «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК» при осуществлении его реконструкции. На базе данных исследований создана целая концепция, в которой предлагается определение устойчивых параметров бортов карьеров проводить на основе данных о физических свойствах, структурной нарушенности и НДС породного массива [5]. При этом в расчёте устойчивости бортов рудника «Железный» приняты упрощения, сводящие всё многообразие возможных ситуаций к наиболее неблагоприятному случаю относительного залегания структурных нарушений и откоса борта карьера [5].

Данная методика обоснования устойчивости бортов карьеров успешно реализована на руднике «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК», а также на опытно-промышленных участках Ньорпахского Восточного и Центрального рудников ОАО «Апатит».

Описанная выше методика имеет ряд достоинств: относительная несложность расчётов, возможность учёта реакции между смежными блоками – то есть в ней ликвидирован основной недостаток классических методик. К достоинствам также следует отнести то, что она разработана для конкретных горно-геологических условий, в настоящее время общие универсальные методики уходят в прошлое и на первый план выходит индивидуальный подход к проблемам устойчивости карьеров.

Метод многоугольника сил позволяет производить расчеты устойчивости откосов как в однородных, так и в слоистых трещиноватых породах при любой форме поверхности скольжения. Таким образом, возможности использования этого метода для целей расчета устойчивости откосов практически не ограничены [3].

При правильной ориентировке площадок, разграничивающих смежные блоки, и реакций между ними метод многоугольника сил отличается высокой точностью. Для откоса, находящегося в устойчивом состоянии с заданным коэффициентом запаса устойчивости (КЗУ), многоугольник сил, построенный по наиболее напряженной поверхности скольжения для всей призмы возможного обрушения, должен замыкаться. Это означает, что его устойчивость обеспечивается коэффициентом запаса, близким к введенному в прочностные характеристики пород.

Использование метода многоугольника сил для поверочного расчёта, величин КЗУ, получаемых в рамках концепции КНЦ РАН [5], позволит осуществить наиболее достоверное обоснование устойчивости борта карьера.

Решающее значение при оценке устойчивости бортов карьеров имеет выбор способа расчета, который отвечал бы конкретным горно-геологическим условиям и физико-механическим свойствам пород, слагающих прибортовый массив. Из существующих, проверенных временем методов, метод многоугольника сил является наиболее универсальным и в то же время математически обоснованным для оценки устойчивости бортов и откосов в реальных горно-геологических условиях, что обуславливает его широкое применение как в отечественной, так и в зарубежной практике. Применение иерархически-блочных моделей для инженерной оценки устойчивости скальных массивов железорудных карьеров является одним из самых перспективных решений, существующих в современной отечественной науке, исследующей устойчивость карьерных откосов. Кроме того практическая реализация данной концепции на железорудных месторождениях даёт положительные результаты.

Библиографический список

1. Фисенко Г.Л. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров/ Г.Л. Фисенко, В.Т. Сапожников, А.М. Мочалов и др. – Л.: ВНИМИ, 1972.
2. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб.: ВНИМИ, 1998.
3. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: Изд-во МГГУ, 2003.
4. Шпаков П.С. Способ расчёта устойчивости карьерных откосов для сложноструктурных месторождений // ГИАБ. – 2008. – № 11.
5. А.А. Козырев О новых подходах к оценке устойчивости бортов карьеров в скальных породах. Геодинамика и напряженное состояние недр земли/ А.А. Козырев, Э.В. Каспарьян, В.В. Рыбин // Труды международной конференции / Новосибирск, 2004.

УДК 622.271

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БВР С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ОБВОДНЕННОСТИ МАССИВА НА РАЗРЕЗЕ «КУПРИИНСКИЙ»

Ботяев А.А.

Научные руководители: Малофеев Д.В., Матвеев А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Разрез «Куприинский» в границах карьерного поля на месторождении «Соколовское» разрабатывает единственный один угольный пласт – 63, мощностью 7,7 м. Водоносный комплекс верхнепермских отложений связан с полускальными песчано-глинистыми породами, залегающими в кровле пласта 63. Пласт 63 на основной площади залегания приурочен к зоне интенсивной и на небольшой части площади – к зоне затухающей трещиноватости, глубина его разработки проектируется до горизонта + 220 м. Нижняя граница обводненной зоны интенсивно трещиноватых пород определяется многими природными факторами, в том числе геоморфологическими. Под логами и в долинах ручьев обычной является глубина 50 - 60 м от дневной поверхности. На водоразделе может составлять 80 - 90 м. В отдельных случаях в среднезернистых песчаниках зона может распространяться глубже, что подтверждается элементарными наблюдениями. Кроме того, пласт 63 обладает повышенной обводненностью, что подтверждается резистивиметрией, проведенной в

скважинах с откачками и элементарными гидронаблюдениями при бурении скважин.

Наиболее характерными для обводненной зоны интенсивно трещиноватых пород являются удельные дебиты от 1,15 л/с до 1,50 л/с при понижении 2,20 м и 2,51 м – соответственно.

Коэффициент водопроницаемости изменяется от 144 до 190 м²/сут. В целом, многослойная толща имеет значение коэффициента водопроницаемости 169 м²/сут.

По гидродинамическому состоянию подземные воды зависят от положения в рельефе. Уровни устанавливаются от -15,0 до -32,0 м на склоновой части водораздела, от +1,0 до -13,0 м в понижениях рельефа. Водоносный комплекс интенсивно трещиноватых пород будет оказывать наиболее неблагоприятное влияние на условия отработки угольного пласта и определять первоначальные водопритоки в горные выработки.

Таким образом повышенный водоприток увеличивает количество воды в скважинах, следовательно возрастают затраты на ВВ в целом, так как для таких скважин требуется применение дорогостоящих эмульсионных ВВ.

На открытых горных работах при подготовке высоких вскрышных уступов широко применяется предварительное контурное взрывание для повышения устойчивости откосов уступов и бортов карьеров. Практический опыт разрезов Кузбасса, накопленный в последние годы, показал, что в случае обводненности таких уступов эффективным способом ее снижения является предварительное взрывание сближенных контурных скважин с размещением в их нижней части усиленного заряда водоустойчивого ВВ. Верхняя часть контурных скважин при этом заряжается принятыми при заоткоске высоких уступов рассредоточенной гирляндой патронов-боевиков.

Это позволяет создать по внутренней части периметра блока на уровне подошвы уступа зону интенсивного дробления, имеющую повышенные фильтрационные характеристики, которая вместе со щелью вдоль контурных скважин, является локальной дренажной системой для данного блока. Таким образом создаются более благоприятные условия для работы буровых станков и зарядки основной системы скважин, появляется возможность применения более дешевых неводоустойчивых ВВ, традиционно обеспечивается качество заоткоски высоких уступов.

Имеющийся опыт предварительного контурного взрывания с целью снижения обводненности буровзрывных блоков позволяет применить его в условиях Купринского разреза, при разработке пласта 63, имеющего повышенную обводненность, заменив дорогой водоустойчивый Эмульсолит П на более дешевый Гранулит УП.

Механизм снижения обводненности запланированного к отработке блока с использованием предлагаемой конструкции заряда в контурных скважинах показан на рисунке.

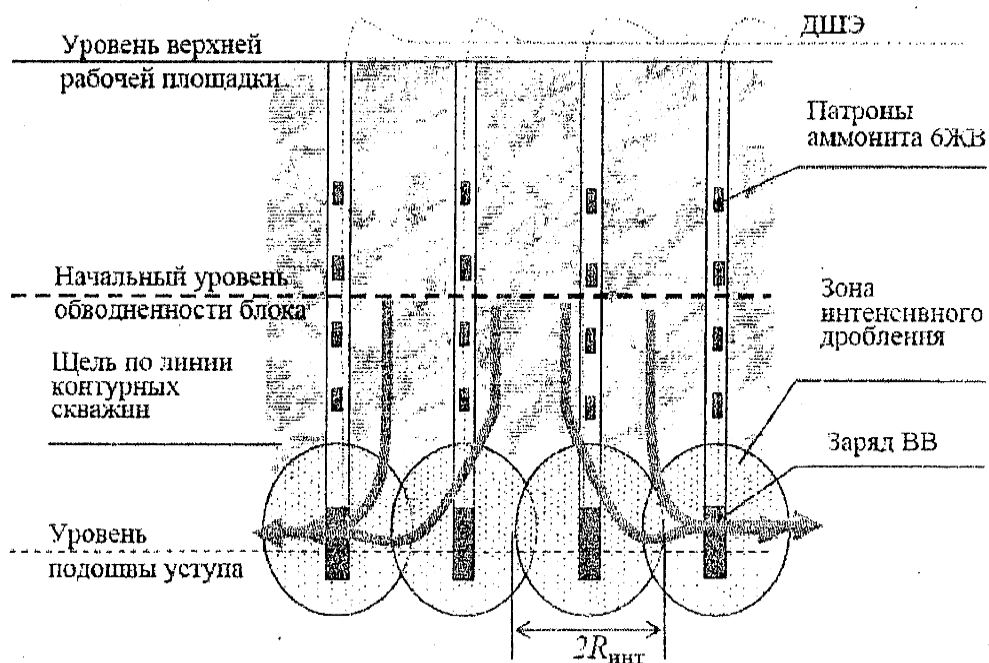


Рисунок - Механизм снижения обводненности после предварительного контурного взрывания с донным зарядом

Верхняя часть заряда представляет собой гирлянду патронов-боевиков, распределенных с линейной плотностью 1 - 2 кг/м, в зависимости от сближения скважин и крепости взрываемых пород в соответствии с существующими в научной и нормативной литературе рекомендациями, а также имеющимся на разрезах опытом. Задача этой части заряда заключается в создании относительно ровной поверхности откоса торцевой части следующего по фронту горных работ уступа. Очевидно, что создаваемая при этом щель в массиве будет служить препятствием для грунтовых вод, движущихся в направлении боковой обнаженной поверхности блока

Назначение нижних частей заряда - создание системы пересекающихся зон интенсивного дробления с повышенными фильтрационными характеристиками за счет разрыхления раздробленной породы при освобождении пространства ранее занятого донным зарядом водоустойчивого ВВ.

Пересечение соседних зон интенсивного дробления можно обеспечить как за счет увеличения массы донного заряда в скважинах, так и за счет их сближения.

Исходя из параметров БВР на разрезе «Купринский», а именно: коэффициенте крепости пород 6, диаметре скважин 216 мм, сети скважин 6х6 м, для данного разреза целесообразно принять расстояние между контурными скважинами, равное 2 м, так как затраты на зарядание шести скважин по 110 кг (при расстоянии между контурными скважинами 3 м) превышают затраты на бурение трех дополнительных скважин с суммарным зарядом ВВ в них 207 кг.

Коэффициент обводненности на участке «Купринский» колеблется в пределах от 0,2 до 0,8. В среднем по пласту 63 коэффициент обводненности равен $0,6 \div 0,7$. Таким образом, данные условия подходят для применения предлагаемого метода осушения скважин. После предварительного контурного взрывания коэффициент обводненности в основных скважинах существенно снизится (с 0,6 до 0,2), что позволит использовать вместе два типа ВВ: Гранулит УП и Эмульсолит П. В этом случае Эмульсолитом П заряжается только та часть скважины, которая осталась обводненной. Оставшаяся доля заряда в скважине приходится на более дешевый неводоустойчивый Гранулит УП.

Библиографический список

1. Фокин В.А. Особенности производства буровзрывных работ в условиях глубоких карьеров/ В.А. Фокин, И.В. Мелик-Гайказов, Е.Г. Тарасов, М.Б. Тогунов, А.А. Данилкин, Ю. А. Шитов, В.Е. Каира// В Сб. «Взрывное дело», № 96/53, 2006 г. С. 42-48.
2. Друкованый М. Ф., Действие взрыва в горных породах/ М.Ф. Друкованый, В.М. Комир, В.М. Кузнецов// Киев: Наук, думка, 1973.
3. Гришин, С. В. Пути снижения обводненности массива при ведении взрывных работ / С. В. Гришин, С. В. Кокин, А. В. Новиков // Сб. Взрывное дело. М. - № 98/55. - 2008.
4. Сысоев, А. А. Параметры предварительного контурного взрывания при осушении взрывных блоков / А. А. Сысоев, С. В. Гришин, С. В. Кокин // Сб. Взрывное дело. М. - № 102/59.-2009.

УДК 622.831 (075)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР БОРЬБЫ С ПУЧЕНИЕМ ПОРОД ПОЧВЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ ШАХТЫ «УСКОВСКАЯ»

Шмакова А.К., Никитина А.М., Риб С.В.

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

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В настоящее время из-за увеличения глубины ведения горных работ все более актуальной становится проблема сохранения устойчивости горных выработок. Известно, что в 70% случаев потеря устойчивости выработок происходит из-за деформации пород в виде выдавливания их внутрь выработок - пучения, в большей мере это касается подготовительных выработок.

Пучение пород почвы чрезвычайно усложняет ведение горных работ, опыт показывает, что уже при достижении в выработках величин пучения более 300 - 350 мм необходимо применение специальных мер борьбы с ним.

Многочисленные наблюдения в горных выработках показали, что интенсивность и абсолютная величина перемещений при пучении связаны с большим количеством горно-геологических и производственных факторов.

В настоящее время раскрыт механизм пучения, выявлены и определены основные закономерности, разработаны методики прогноза и обоснованы возможные способы борьбы с пучением для различных глубин ведения горных работ и типов вмещающих пород. При этом было доказано, что наибольший эффект в борьбе с пучением достигается путем разгрузки вмещающего выработку массива от высоких напряжений. В качестве способов разгрузки предлагаются: проведение разгрузочных выработок, создание различного рода щелей и скважин, взрывание пород с образованием в почве зон дробления и т.п.

Для учета влияния разгрузочной щели в горных выработках шахты "Усковская" проведены исследования изменения напряженно-деформированного состояния пород и угольного пласта. Идея работы заключается в использовании метода конечных элементов для анизотропного углепородного массива. За основу берется сечение анизотропного массива горных пород пласта 48 шахты "Усковская".

В результате исследований определены вертикальные и горизонтальные смещения, напряжения, отношение остаточной прочности пород к исходной вне и в зоне влияния очистных работ на глубине разработки от 400-800м при проведении разгрузочной щели глубиной $L_{щ}=0.5-2.5$ м.

Установлено, что наибольшее влияние щелевая разгрузка в породах почвы оказывает на горизонтальные смещения. При увеличении длины щели наблюдается перераспределение горизонтальных смещений вглубь массива. Максимальные горизонтальные смещения уменьшаются на 3% вне и на 15% в зоне влияния очистных работ.

При проведении щели в боках выработки картина существенно меняется. Щелевая разгрузка в боках оказывает наибольшее влияние на вертикальные напряжения. Здесь щелевая разгрузка на глубину $L_{щ}=1.5$ м и более позволяет перераспределить максимальные вертикальные напряжения вне зоны на 6% и в зоне влияния очистных работ на 30% вглубь массива, что приведет к существенному понижению фактического пучения. Следовательно, устойчивость контура выработки при щелевой разгрузке повышается.

Таким образом, рекомендуется в зоне влияния очистных работ применение разгрузочных щелей в почве и боках подготовительных горных выработок с целью повышения их устойчивости и как средство предотвращения пучения пород в почве горных выработок шахты "Усковская". Но данные решения характеризуются весьма сложной технологией работ, большой трудоемкостью и стоимостью.

В последнее время в научной и технической литературе появились сведения об успешном применении способа борьбы с пучением путем

крепления пород кровли сталеполимерной анкерной крепью высокой несущей способности.

Способ борьбы с пучением почвы горных выработок рассмотрен применительно к отдельному участку укрепления пород вокруг выработки и заключается в следующем (рисунок): по мере проведения горной выработки 1 и ее крепления рамной крепью 2 на длине «L» заданного участка, являющегося участком укрепления пород вокруг выработки 1, определяют мощность «m» пучащего слоя 3 почвы 4 выработки 1, используя для этого один из известных способов определения свойств горных пород, например бурение скважин в почву с отбором керна.

Затем после определения мощности «m» пучащего слоя 3 почвы 4 выработки 1 по мере технологического отхода выработки 1 на длину, заданную паспортом крепления горной выработки и которая соответствует принятой заявителем длине «L» участка укрепления пород, после установки рамной крепи 2 осуществляют укрепление пород вокруг контура выработки 1. Для чего бурят шпуров 5 по контуру свода выработки в промежутке между рамами 2 постоянной крепи и устанавливают в них анкеры 7 на длине «L». По мере закрепления анкеров 7 в шпурах 5 с помощью ампул с закрепляющим составом образуются породные блоки вокруг анкеров 7, связанные между собой за счет сил сцепления укрепленных пород, и за счет этого создается несущий свод 8 из укрепленных пород по контуру свода 6 выработки 1 с возможностью опирания его основаниями на пучащий слой 3 почвы 4 с обеих сторон выработки 1 за ее пределами. Причем каждое основание 9 образованное таким образом несущего свода 8 приобретает следующие геометрические размеры: ширина основания 9 соответствует длине анкера 7, а его длина соотносится с принятой длиной «L» участка укрепления пород, соответственно выполняя функцию опорной поверхности для передачи горного давления на пучащий слой 3 почвы 4.

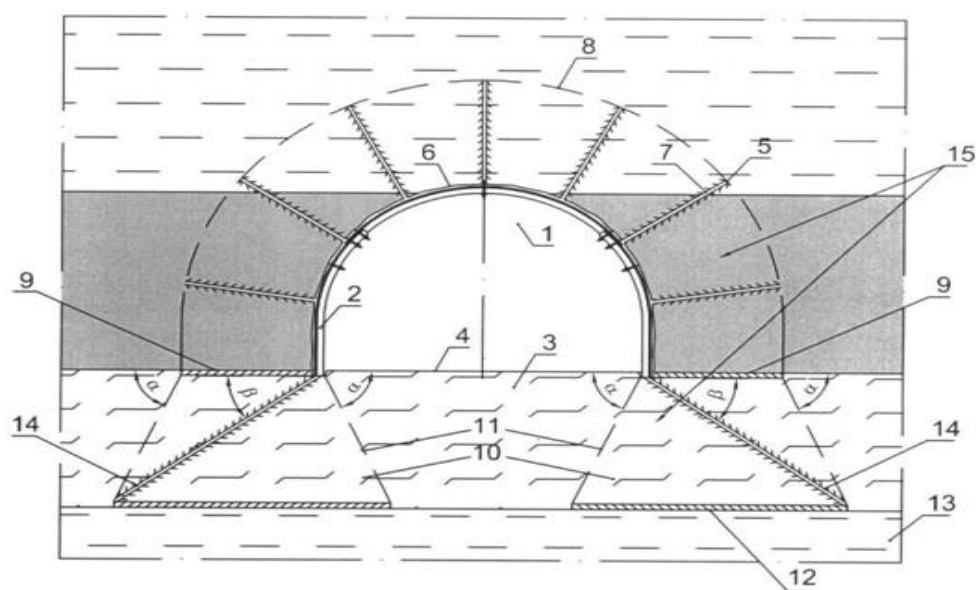


Рисунок - Установка анкерных болтов

Таким образом, рекомендуется установка анкерных болтов для поддержания выработок в условиях воздействия динамических нагрузок горного давления за счет снижения пучения почвы горной выработки, обусловленного повышением устойчивости пучащего слоя почвы выработки.

Библиографический список

1. Никитина А.М. Геомеханическое обеспечение устойчивости подземных горных выработок в неоднородном углепородном массиве: монография / А.М. Никитина, В.Н. Фрянов; СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 199 с.
2. Лыкин В.А. Механизм пучения пород в подземных выработках / В.А. Лыкин. – Москва 1965.-128с.
3. Савченко Е.С. Обоснование эффективных способов борьбы с пучением пород почвы в подготовительных выработках угольных шахт [Электронный ресурс]: материалы диссертации (2010 г.)/ Режим доступа: <http://www.dissercat.com/>.

УДК 622.285.4:624.042.3

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МОНТАЖНЫХ КАМЕР И ПРОИЗВОДСТВА МОНТАЖНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА ШАХТАХ

Коземаслов В.А., Никитина А.М.

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

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

В последнее время добыча полезных ископаемых все в большей степени осуществляется на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями, которые создают определенные трудности при проведении выработок: осложняют условия работы, снижают скорость проведения, ухудшают состояние крепи выработок, ведут к росту травматизма и профессиональных заболеваний. Все это в свою очередь вызывает нарушение нормального режима работы угольной шахты.

Для обеспечения рентабельности угольных предприятий необходимо сокращение затрат по всем технологическим процессам. Одним из существенных направлений по снижению затрат является производство монтажных работ. Эффективные способы расширения монтажной камеры и проведения монтажных работ в сложных горно-геологических условиях позволят повысить безопасность работ и сократить время на монтаж очистного оборудования.

По административному делению Шахта "Большевик" входит в состав Новокузнецкого района Кемеровской области РФ. Производственная мощность шахты составляет 1100 т.т. в год. В пределах горного отвода ОАО «Шахта «Большевик» пласт 29а, 30 характеризуются выдержанной мощностью, составляющей в среднем 3,3-3,7м. Угли пластов 29а и 30 склонны к самовозгоранию, опасны по взрываемости угольной пыли, с глубины 200м от поверхности - отнесены к угрожаемым по горным ударам. По внезапным выбросам - угрожаемые с глубины от поверхности 450м.

Пласт 30 в месте проведения монтажной камеры 30-52 залегает под углом 5-10 градусов, выдержанный по мощности (1,9-2,1), содержит до четырех породных прослоев, представленных алевролитом мелкозернистым, мощностью от 0,05 до 0,10м.

На участке проведения монтажной камеры 30-52 повсеместно распространена "ложная" кровля, представленная аргиллитом мощностью 0,0-0,5 м. Непосредственная кровля сложена алевролитом мелкозернистым мощностью 5,0-20м. Непосредственная кровля прогнозируется как среднеустойчивая. Допустимая площадь обнажения $S = 6 \text{ м}^2$ на время до 30 минут.

Почва выработки слагается из алевролита разнозернистого, склонна к пучению.

Для достижения цели предлагается два способа расширения монтажной камеры и проведения монтажных работ в особо сложных горно-геологических условиях:

способ №1 - предусматривается проведение монтажной камеры 30-51 проходческим комбайном КП-21 на ширину 4,3 м и высоту 3,6 м (общим сечением не менее 14,8 м²). Далее ее дальнейшее расширение очистным комбайном К-500Ю и проходческим КП-21 до проектных размеров (ширина – 7,5 м, высота – 2,5 м, сечение расширяемой части – 8,5 м²) позволяет повысить безопасность и время на монтаж очистного оборудования. После окончания расширения камеры предусматривается монтаж секций крепи МКЮ-4У-18/38, который осуществляется враспор крепи в кровлю и почву на вынимаемую мощность пласта – 2,5м. Первый способ показал эффективность его применения на тонких пластах.

При конкретных горно-геологических условиях был применен способ №2 - расширение монтажной камеры и производство монтажных работ проходческим комбайном ГПКС, который обеспечил безопасность труда и сокращение времени на расширение монтажной камеры и монтажа оборудования. Второй способ является эффективным на пластах с неустойчивой и легко обрушаемой кровлей.

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ КРУТЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ООО «ШАХТА КРАСНОГОРСКАЯ»

Ситников Э.Ю.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Сухоруков В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
Прокопьевский филиал, г.Прокопьевск*

Поле шахты «Красногорская» по горно-геологическим условиям, количеству и качеству коксующихся углей уникально и входит в основу сырьевой базой для металлургической промышленности России.

Разработка пластов на этой шахте производится в сложных горно-геологических условиях, характеризующихся большим диапазоном мощностей, наличием крупных синклинальных складок северо-восточного простирания, осложненных дополнительными складками и крупными дизъюнктивными и пликативными нарушениями, высокой газообильностью, склонностью угля к самовозгоранию, горным ударам и внезапным выбросам угля и газа.

Шахта имеет 11 рабочих пластов с углами падения от 55° до 90° и мощностью от 1,5 до 7 метров [1].

Высокие технико-экономические показатели при разработке крутых пластов были получены при переводе шахты «Красногорская» на гидродобычу, однако проблемы связанные, с повышенными потерями запасов и большим удельным объемом нарезных и подготовительных работ, остались.

Также гидродобыче присущи недостатки: большая энергоемкость(до 160 кВт/ч), повышенный выход шламов(до 30% от объема добычи).

Снижение энергоемкости гидродобычи возможно при: повышении напора воды для отбойки угля до 16-20 Мпа с одновременным разупрочнением массива; выдаче пульпы одноступенчатым гидроподъемом без устройства перекачных насосных станций, внедрении системы насос-гидромонитор, использовании энергосберегающих технологий.

Для устранения недостатков гидродобычи можно использовать новую технологию разработки крутых пластов подэтажной гидроотбойкой с попутным выпуском магазинированного угля из камер верхнего подэтажа [2, С. 34-35].

Сущность технологии заключается в том, что после вскрытия пласта квершлагами проводится скат и пульпоспускная печь. Затем на расстоянии, равном высоте подэтажа, от ската до границы блока проводятся подэтажные штреки, вентиляционный, промежуточный и транспортный. Через определенное расстояние штреки соединяются печами и скважинами. На

границе блока на промежуточном штреке устанавливают буровую машину для бурения длинных скважин в верхнем подэтаже. Разрыхление угля в скважинах и отработка подэтажей производится обратным ходом с опережением верхнего подэтажа. Разрыхленный уголь в верхнем подэтаже магазинируется и выпускается при отработке нижележащего подэтажа гидромонитором. Разрыхленный уголь в верхнем подэтаже и отбитый гидромонитором в нижнем подэтаже по желобам транспортируется в пульпопускную печь.

Для предотвращения перепуска пород из верхних отработанных подэтажей над вентиляционным штреком по простиранию пласта оставляется временный подзавальный целик. Подготовленный для выпуска уголь из верхнего подэтажа сохраняется также за счет временных подзавальных целиков, оставляемых в подэтаже на определенном расстоянии друг от друга, зависящем от устойчивости боковых пород по простиранию пласта. После выпуска угля в подэтажах с помощью гидромонитора вынимаются временные целики.

Для отбойки угля в верхнем подэтаже сегодня существуют различные технологии разупрочнения угольного массива, исключая буровзрывные работы.

В последнее время при разрушении материалов находят широкое применение экологически чистые и безопасные в обращении невзрывные разрушающие средства (НРС).

Эффект разрушения при их использовании достигается при размещении первоначально жидкой смеси в замкнутой полости внутри разрушаемого объекта за счет постепенного объемного расширения твердеющей массы.

Затраты энергии на разрушение материала снижаются при физико-химическом воздействии на него за счет адсорбции молекул или ионов поверхностно-активных веществ (ПАВ) или газов на границе материал-активная среда.

Обработка угольного массива растворами (ПАВ) осуществляется через шпур или скважины. Для бурения шпуров используются ручные электросверла, а для бурения скважин – станки БЖ-45100Э.

Нагнетание растворов в шпур и скважины осуществляется насосной установкой УНР-02 с использованием герметизаторов или газовых затворов.

В последние годы изучается возможность ослабления угольного массива диоксидом углерода.

Использование нагнетаемого в шпур газа позволяет существенно снизить крепость угля, а за счет вытеснения из массива метана и замещения его диоксидом углерода значительно повышается безопасность ведения горных работ.

ИГД СО РАН так же проводит исследования по направленному

вибросейсмовоздействию на угольный пласт.

Проветривание забоя осуществляется за счет общешахтной депрессии. Свежий воздух с основного горизонта по скату поступает на транспортный и промежуточный штреки, затем по скважине выходит на вентиляционный штрек и далее отработанная струя воздуха выходит на вентиляционный горизонт.

Применение нового способа разработки крутых пластов подэтажной гидроотбойкой с попутным выпуском магазинируемого угля из верхнего подэтажа (рисунок) обеспечивает безопасность работ, снижает потери угля, а также энергоемкость разрушения горной массы.

Предварительные расчеты по применению данной технологии по пласту Горелый с кваршлага №5 гор.-150м., позволят получить экономический эффект в размере 0,5 млн. рублей в год.

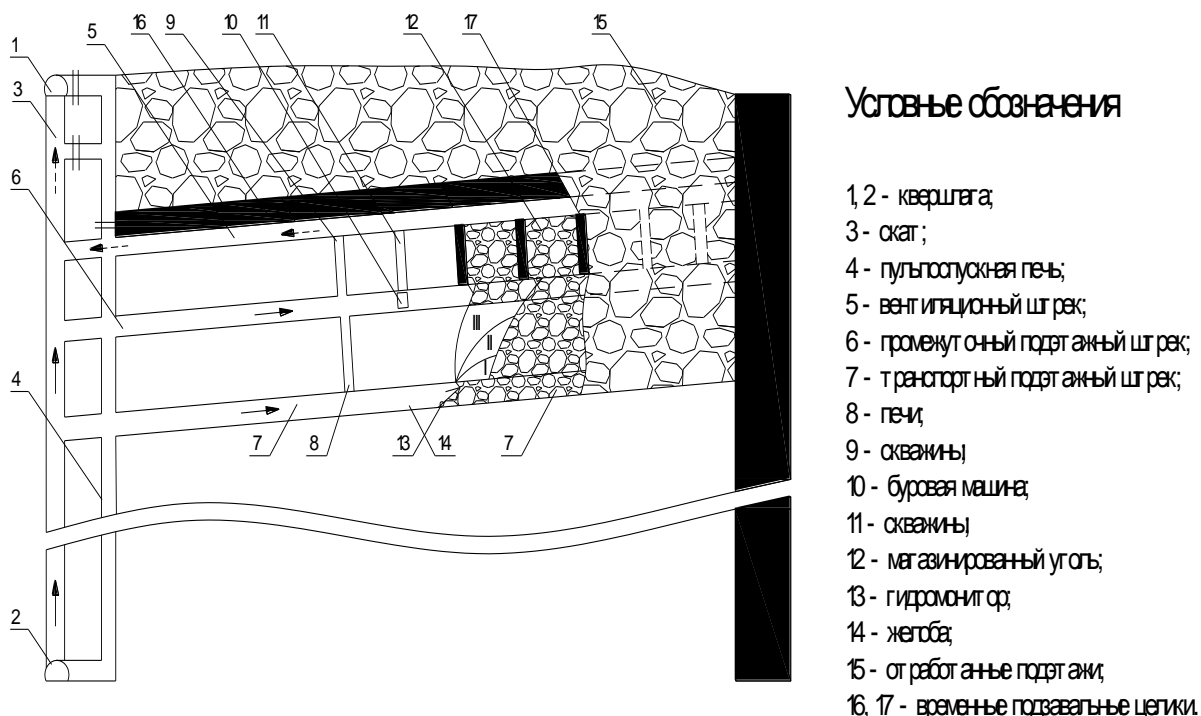


Рисунок – Технологическая схема отработки пласта подэтажной гидроотбойкой с попутным выпуском магазинированного угля из камер верхнего подэтажа

Библиографический список

1. Техническая документация ООО «Шахта Красногорская».
2. Проблемы и перспективы добычи и переработки угля в Кузбассе. Труды первой региональной научно-практической конференции/ Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей редакцией д.т.н., проф. В.А. Сухорукова. – Новокузнецк, 2010. – 190 с.

НЕТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Берин С.С.

Научный руководитель: ст. преподаватель Матвеев

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Технология глубокого выбуривания пластов является разновидностью подземной камерно-столбовой системы разработки, но требующей подготовленного фронта работ в виде пласта в борту открытой горной выработки. Фактически открытые горные работы являются средством, обеспечивающим доступ к угольным пластам техники, осуществляющей условно подземную добычу. При этом пульт управления, силовые агрегаты, гидравлика, а также весь обслуживающий персонал находятся на поверхности.

Агрегат КГРП (комплекс глубокой разработки пластов) – автономная система по добыче угля, позволяющая добывать уголь, который невыгодно добывать традиционным открытым способом, или нецелесообразно добывать подземным способом.

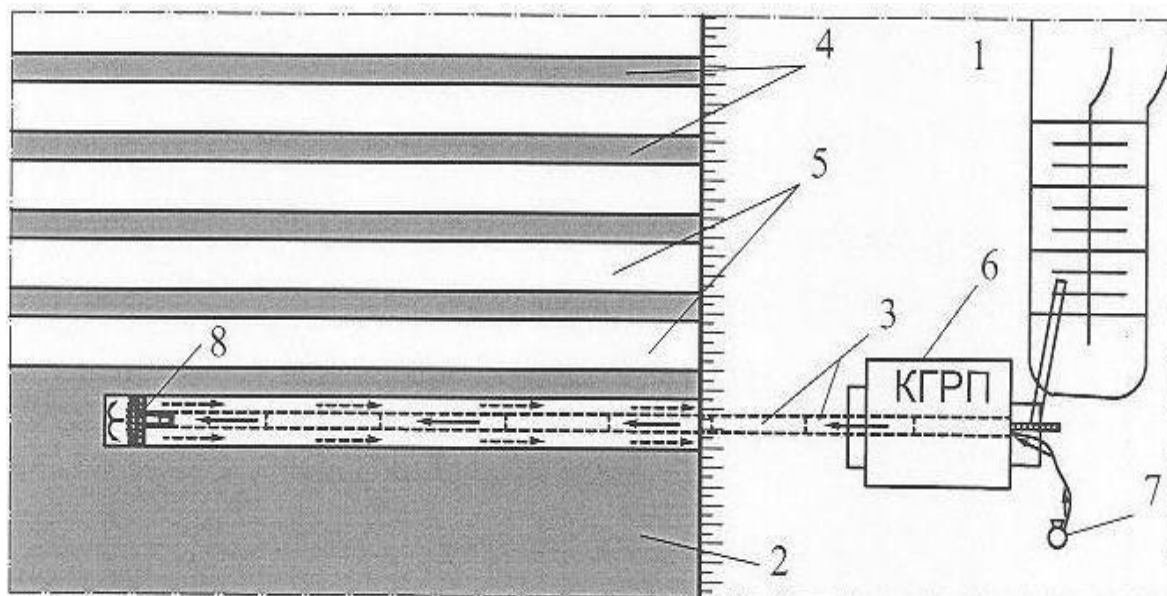
Глубокое выбуривание пластов позволяет комбинировать наземные и подземные разработки, что приводит к максимальному увеличению объемов и эффективности добычи. Преимущества данного метода угледобычи включают:

- высокую годовую производительность (до 1,5 млн. т в год на один комплекс);
- высокий уровень извлечения угля (70-85%);
- низкий уровень засорений, обеспечивающий высокое качество добываемого угля;
- высокий уровень безопасности ведения работ;
- невысокие удельные эксплуатационные затраты;
- быструю окупаемость и надежность вложений.

КГРП – это динамичная самоходная машина, которую можно использовать на рабочей площадке уступа шириной 16 м. Эта машина легко перемещается по уступу от заходки к заходке, а также разгружает уголь на ограниченной площади. Для работы на узких уступах предусмотрена дополнительная боковая конвейерная система для разгрузки угля с правой или левой стороны поверхностного модуля комплекса. Разгрузка также возможна на отвальный конвейер, который транспортирует уголь в центральную часть уступа для складирования в штабель. Четыре гидравлически управляемых гусеничных тележки функционируют независимо в двух рабочих режимах – «добыча» и «передвижение» – и могут разворачивать машину на 360°, что улучшает маневренность на узких

участках. Режим «добыча» используется для перемещения машины вдоль уступа, а режим «передвижение» применяется при транспортировке машины на другой добычный участок или в другой карьер. Для быстрого перебазирования на значительные расстояния комплекс глубокой разработки пластов может быть разобран на отдельные модули. Быстрый демонтаж и монтаж оборудования возможен благодаря гидравлическим и электрическим соединениям. Габариты всех модулей позволяют перевозить их по дорогам общего назначения. В зависимости от местных условий систему можно также перевозить с одной рабочей площадки на другую без демонтажа тягачами большой грузоподъемности.

Открытым способом преимущественно добывают пласты мощностью от 2,0-2,5 метров на глубине до 200-250 метров. Добыча менее мощных пластов и ведение открытых работ на больших глубинах, за редким исключением, является экономически нецелесообразным. Подземным способом добываются пласты мощностью до 4,0-4,5 метров, на глубине свыше 50 метров. Запасы угля, расположенные близко к поверхности, но при высоком коэффициенте вскрыши, а также малой мощности, требующие селективной выемки и т.п., наиболее эффективно могут быть отработаны с использованием технологии глубокого выбуривания пластов. Схема добычи с применением комплекса изображена на рисунке.



- 1 – рабочая площадка; 2 – угольный пласт; 3 – коробчатый многоразветвленный транспортер; 4 – поддерживающие целики угля; 5 – очистные камеры; 6 – комплекс глубокой разработки пластов (КГРП); 7 – вентилятор; 8 – выемочный комбайн.

Рисунок – Общая схема добычи угля с применением КГРП

При использовании данной технологии обеспечиваются безопасные условия для ведения работ в очистных камерах по факторам «возгорание или взрыв метана». Очистные камеры являются тупиковыми выработками,

проветривание которых за счет естественной циркуляции воздуха в очистной камере невозможно. Заявляемый способ позволяет осуществлять проветривание очистной камеры при превышении предельно допустимой концентрации метана в камере, без извлечения добычного оборудования из нее и продолжать очистные работы при сохранении безопасного уровня их ведения. При использовании известных способов при увеличении концентрации метана в очистной камере до предельно допустимого значения выемку угля в очистной камере прекращают и из-за отсутствия проветривания, оборудование извлекают на поверхность, после чего работы по выемке угля в очистной камере не возобновляют.

Использование КГРП позволяет повысить уровень безопасности ведения очистных работ и повысить производительность труда на 10-15%.

Каждый комплект необходимого основного оборудования фирмы Caterpillar включает: КГРП, погрузчик Cat-966 для монтажа-демонтажа секций; погрузчик типа Cat-992 (с емкостью ковша $E_k=8-12\text{м}^3$) для погрузки угля, добытого КГРП; гидравлический экскаватор (обратная лопата) типа Cat-385, обеспечивающий подготовку площадки для КГРП; автосамосвалы грузоподъемностью не менее 40т; бульдозеры типа Cat-D7, Cat-D9 и (или) Cat-D10; автогрейдер типа ДЗ-98; ремонтную мастерскую на базе автомашины. При целесообразности или необходимости параллельного ведения открытых горных работ номенклатура оборудования может быть расширена в части использования буровых станков типа «Ingersoll M-45», экскаваторов с ковшом до 20м^3 , автосамосвалов грузоподъемностью до 200т.

Высокая коммерческая эффективность способа глубокой отработки пластов с применением КГРП может быть достигнута на месторождениях как коксующихся, так и энергетических углей Кузбасса особенно при поверхностной отработке шахтных полей и доработке разрезов в граничных контурах. Эффективная добыча может быть достигнута на угольных пластах с мощностью 0,7-4,8 м с углами падения до 25° . В этом случае годовая производительность одного КГРП достигает 1,5 млн. тонн, годовая производительность персонала – 12-18 тыс. т/чел. Окупаемость таких проектов составляет в среднем 2,5 года при внутренней норме доходности 35-40%.

Библиографический список

1. Орлов З.А. Применение системы HIGWALL для выемки угля с уступа разреза (краткий обзор состояния работ в США и Австралии)// Открытые горные работы.- 2000.- №2.- С. 54 – 56.
2. Козовой Г.И. Шахта «Распадская» «Распадская угольная компания»: состояние, приоритетные задачи и перспективы развития // Горное оборудование и электромеханика. - 2005.- №2. - С. 2 - 11.
3. Bernt В.Н. Hihgwall mining: developing momentum // WORLD COAL. 2005. - №9 - P. 7 – 18.

ВЫЕМКА БЛОКОВ НА КОНТАКТЕ С ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКОЙ В УСЛОВИЯХ ТАШТАГОЛЬСКОГО РУДНИКА

Митраков В.О.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Володина А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

На Таштагольском руднике для отработки запасов в охранных целиках используется камерная система с закладкой выработанного пространства твердеющей смесью. Система разработки характеризуется многостадийностью отработки. Массовая отбойка руды скважинными зарядами на очистных работах позволяет достигать высоких показателей добычи. Однако, при выемке запасов камер второй и последующих очередей ухудшается качество отбойки, повышается разубоживание рудной массы закладочным материалом и вмещающими породами, не выдерживаются проектные контуры камер, что нарушает порядок отработки и может вызвать аварийную ситуацию. Увеличивается выход негабарита, снижающий производительность оборудования на доставке. В конечном итоге, это влечет возрастание затрат на очистную выемку в целом [1]. Таким образом, разработка обоснованных способов сохранения проектных контуров очистной выемки и расчета оптимальных параметров буровзрывных работ является актуальной задачей.

Существенным фактором, влияющим на эффективность подготовки руды к выемке, является изменчивость физико-механических свойств и структурных особенностей разрушаемого массива. При переходе на менее крепкие или более трещиноватые участки наоборот необходимо пересматривать параметры размещения и отбойки зарядов.

Отбойка первичных камер на руднике осуществляется веерами скважин диаметром 105 мм. При многостадийной разработке месторождений повышенная нарушенность массива во вторичных камерах обуславливается зонами концентраций увеличенных напряжений и сейсмического воздействия взрывов, производимых в камерах первой очереди. В результате сейсмике от действия взрывов во вторичных камерах происходит нарушение и обрушение граничащего с ними закладочного массива, что приводит к увеличенному засорению руды. Отбойка руды для сохранения целостности законтурного массива должна быть «щадящей». Снижение энергонасыщенности взрывного разрушения может быть достигнуто путем уменьшения диаметра зарядов. Известно, что при взрыве зарядов в породах различной категорий по трещиноватости возникающие скорости смещения зависят от диаметра заряда [1, 2]. На основе вышеизложенного, на Таштагольском руднике предлагается определять параметры расположения зарядов в отбиваемом объеме при требуемом его энергонасыщении по

условию сохранения сплошности законтурного массива и требуемого качества дробления с учётом волн напряжений, его акустических свойств в следующей последовательности [1]:

1. Требуемый удельный расход взрывчатых веществ и параметры зарядов для первичных камер, обеспечивающих сохранность обнажений вторичных камер, определяются по общепринятым методикам. При отбойке запасов камер второй и последующих очередей уточняется расположение зарядов в массиве для оптимального распределения энергии взрыва в слое.

2. На основании горно-геологической информации устанавливаются категория трещиноватости массива (размер структурной отдельности) и его физико-механические характеристики: плотность, пределы прочности пород на сжатие ($\sigma_{сж}$), растяжение (σ_p); скорость звука в монолитном образце (C_{po}); коэффициент Пуассона (μ).

3. В зависимости от категории трещиноватости прогнозируется скорость распространения продольной волны в естественном массиве. Для Таштагольского месторождения составит 2930, 2 м/с.

4. Далее находятся свойства техногенного изменения массива. С учетом динамических характеристик взрываемых пород критические скорости смещения для сжимающих напряжений составят 27,8 м/с, для растягивающих напряжений 3 м/с. Сейсмический коэффициент пропорциональности составит 5,32 м/с. Таким образом, параметры расположения зарядов в отбиваемом слое составят: расстояние между скважинами в ряду - 2,5 м, линия наименьшего сопротивления - 3,5 м.

Согласно исследованию напряженно-деформированного состояния массива и параметров нарушенности [1], перенапряженные участки и зоны повышенных вывалообразований наиболее характерны на контурах очистных камер второй и третьей очередей и распространяются в среднем до 5 м вглубь массива. Наиболее интенсивное вывалообразование наблюдается по вертикали в центральных частях камер (рисунок 1). Обеспечить целостность закладочного массива при отбойке возможно путем производства буровзрывных работ с оконтуриванием отбиваемых запасов [3].

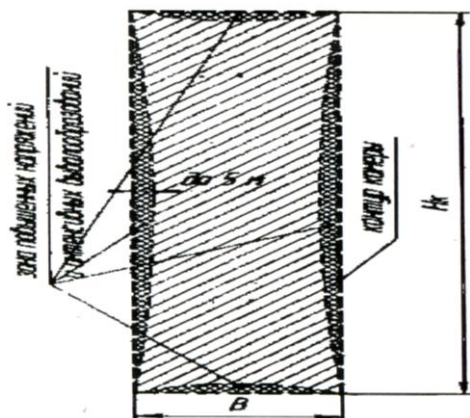


Рисунок 1 – Зоны повышенных напряжений на контурах камер

Для повышения качества отбойки запасов камер второй и третьей очередей отбойку вести с образованием оконтуривающих незаражаемых скважин вблизи границы камер. Оконтуривание запасов камер второй очереди осуществляется бурением вееров скважин диаметром 105 мм в плоскости, параллельной границе камеры, из специально пройденных буровых заходок.

Плоскость веера располагают от контура на расстоянии 2 м. Расстояние между концами скважин не более 2 м. Оконтуривающие скважины не заряжаются (рисунок 2) [29].

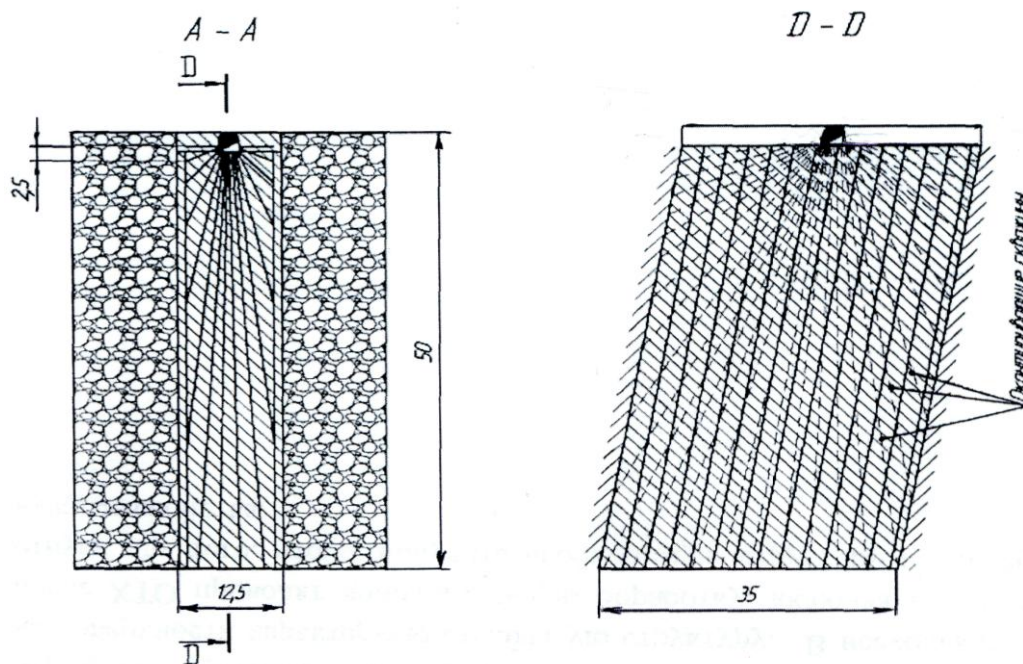


Рисунок 2 – Схема отбойки камер второй очереди

Уменьшение диаметра скважины до 89 мм и применение схем отбойки с предварительным оконтуриванием запасов обрабатываемой камеры позволят получить экономию затрат по очистной выемке до 5,2 %, а экономическая эффективность составит 3,9 млн. рублей в год.

Библиографический список

1. Неугомонов С. С. Совершенствование технологии очистной выемки при разработке месторождений камерными системами с твердеющей закладкой / С. С. Неугомонов, дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. МГТУ им. Г. И. Носова, 2009.
2. Трубецкой К. И. Новая концепция совершенствования буровзрывных работ на подземных рудниках / К. И. Трубецкой, С. Д. Викторов, В. М. Закалинский // Горный журнал, 2002, № 9. – с. 9-12.
3. Лапин В. А. Совершенствование технологии взрывной отбойки на глубоких горизонтах медноколчеданных месторождений / В. А. Лапин :

Диссертация на соискание степени канд. техн. наук : 25.00.22 Магнитогорск, 2002.

4. Викторов С. Д. Анализ методов управления процессом разрушения горных пород взрывом / С. Д. Викторов, Н. Н. Казаков, В. М. Закалинский // Горный журнал, 1995, № 7. – с. 46-47.

УДК 622.27

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОБНАЖЕНИЙ И ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ОТРАБОТКИ СЛЕПОЙ РУДНОЙ ЗАЛЕЖИ НА УЧАСТКЕ «НОВЫЙ ШЕРЕГЕШ» В ЭТАЖЕ (+185) – (+115) М

Стариков Д.М.

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

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В настоящее время основная часть разведанных запасов нижележащих горизонтов месторождений Горной Шории представлена слепыми рудными залежами [1,2].

Безопасность отработки слепых рудных залежей требует или ликвидации пустот, возникающих при выемке полезного ископаемого, или определения критериев устойчивости налегающей толщи с целью принятия соответствующих мер безопасности. Для ликвидации пустот необходимы значительные капитальные затраты, порой превосходящие затраты на добычу полезного ископаемого, поэтому задачами исследований являются прогноз устойчивости налегающей толщи, изыскание надежных мер безопасности на случай внезапного обрушения налегающей толщи, разработка рациональной и безопасной технологии отработки слепых рудных залежей.

При отработке слепых рудных тел в тех случаях, когда вслед за выемкой руды не происходит обрушение налегающих пород, необрушившаяся толща пород может находиться в устойчивом, предельно устойчивом и неустойчивом состоянии.

При возможности самообрушения вмещающих пород необходимо над выработками выпуска создавать предохранительную подушку. Предохранительная подушка создается в случаях предельно устойчивого и неустойчивого состояния обнажений.

Оценка безопасной отработки слепых рудных залежей осуществлена на примере отработки блока № 25 участка «Новый Шереш» Шерешевского железорудного месторождения.

Проектируемый к отработке блок № 25 расположен в северо-западной части участка «Новый Шереш» в этаже (+185) – (+115) м.

В геологическом строении участвуют скарны, магнетитовые руды, скарнированные порфириты с коэффициентом крепости $f = 16-18$. Мощность рудной залежи составляет 40-55 м.

Магнетитовая руда имеет мелкозернистую структуру, массивную текстуру с вкраплениями сульфидов. Коэффициент крепости по шкале М.М. Протоdjeяконова $f = 12-14$.

Тектоника проявлена в виде разноориентированных трещин скола, заполненных кальцитом. Удельная трещиноватость представлена двумя-тремя трещинами на погонный метр. Устойчивость руд и пород III категории.

Расчет устойчивости обнажений произведен по методу эквивалентных пролетов, по критическим деформациям, по критическим напряжениям [2].

Исходные данные для расчета:

1. Глубина залегания рудных тел $H_3 = 510$ м.
2. Длина по простиранию $L = 27$ м.
3. Коэффициент крепости пород $f=16$.
4. Горизонтальная проекция рудных тел $n = 155$ м.
5. Выход керна при разведочном бурении $N = 85\%$.
6. Средний угол падения рудных тел $\alpha = 70^\circ$.

Результаты расчета устойчивости обнажений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета устойчивости налегающей толщи пород при отработке блока № 25 в этаже (+185) – (+115) м Шерегешевского месторождения

Показатели устойчивости			Запас прочности	Запас устойчивости	Состояние устойчивости обнажения
$l_{\text{экв}} \leq H_{\text{экв}}$	$q < q_r$	$K_{\text{II}} < K_r$			
$40 \geq 387,6$	$> 0,001$	$0,24 < 0,58$	4,0	3,0	Устойчивое

Из анализа результатов расчета и оценки устойчивости обнажений, запаса прочности и запаса устойчивости обнажение потолочины блока № 25 в этаже (+185) – (+115) м является устойчивым.

В этом случае при отработке блока достаточно оставить заполненными рудной массой траншею и дучки [1,2].

Анализ горнотехнических условий района отработки блока № 25 показал, что обнажение потолочины блока № 280, расположенного выше проектируемого блока в этаже (+185) – (+115) м, является предельно

устойчивым. В связи с этим для гарантии безопасности рекомендуется оставление предохранительной подушки минимальной необходимой толщины.

Расчет минимально необходимой толщины предохранительной подушки был произведен по методике [2,3] по следующим исходным данным:

- 1) Высота выработанного пространства – 58м;
- 2) Высота днища блока – 12м;
- 3) Площадь блока $S_{\text{бл}} = 2835\text{м}^2$;
- 4) Площадь выпускного отверстия $S = 3\text{м}^2$;
- 5) Число выпускных отверстий $n = 22$;
- 6) Выработанное пространство изолировано.

Расчет показал, что для гарантии безопасной выемки блока № 25 в этаже (+185) – (+115) м необходимо оставление предохранительной рудной подушки толщиной 17 метров.

Для снижения потерь и разубоживания руды рекомендуется замена рудной подушки на породную из вышележащей налегающей толщи.

Выводы

1. На рудниках горной Шории оценку устойчивости обнажений рекомендуется осуществлять по трем критериям: методу эквивалентных пролетов; методу критических деформаций; методу критических напряжений.

2. Обнажение потолочины блока № 25 в этаже (+185) – (+115) м по данным расчета и для безопасности является устойчивым. Для безопасности отработки достаточно заполнения рудоприемных выработок раздробленной рудной массой.

3. Анализ горнотехнических условий отработки блока № 280, расположенного над проектируемым блоком № 25 в этаже (+185) – (+115) м, показал, что обнажение потолочины в нем отмечалось как предельно устойчивое и поэтому для гарантии безопасности рекомендуется оставление предохранительной рудной подушки толщиной 17 метров с последующей заменой её на породную.

Библиографический список

1. Именитов В.Р. Локализация пустот при подземной добыче руды / В.Р. Именитов, В.Ф. Абрамов, В.В Попов.– М.: Недра, 1983.–192с.

2. Инструкция по условиям безопасной отработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии.– Новокузнецк: ВостНИГРИ, 2006.–58с.

3. Шеховцов В.С. Расчет параметров технологии отработки слепых рудных залежей: методические указания / В.С. Шеховцов, В.О. Шеховцова.– Новокузнецк: СибГИУ, 2010. – 58с.

**ВЫБОР ПОРЯДКА И СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ОТРАБОТКИ
БОГАТОЙ РУДЫ НА ПЕРВООЧЕРЕДНОМ УЧАСТКЕ ЗАЛЕЖИ
С-2 СЗР ОКТЯБРЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАХТЫ
«КОМСОМОЛЬСКАЯ»**

Егоров П.В.

Научный руководитель: Залесская О.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Рациональный выбор системы разработки рудного месторождения представляет собой сложную задачу вследствие многочисленных факторов, влияющих на правильность решения. Нельзя предложить для какого-либо месторождения одну стандартную систему разработки. В процессе разработки месторождения применяется обыкновенно ряд систем, развивающихся на практике в зависимости от изменяющихся условий залегания и характера работ. Достоинство системы в целом определяется ее безопасностью, производительностью и экономичностью. Правильно выбранная система разработки должна также обеспечивать максимальное извлечение и минимальные потери руды и металла, минимальное разубоживание руды, очистную выемку по возможности в одну стадию работ, быструю подготовку и развитие добычи, интенсивность очистных работ, готовность, т.е. возможность приспособления к неправильным контурам рудного тела и перехода при изменяющихся условиях на другую систему, минимальный расход крепи и других материалов.

В настоящее время на руднике «Комсомольский» существует три технологические системы с закладкой выработанного пространства:

- камерная система разработки по камерно - целиковой схеме;
- сплошная слоевая система разработки с восходящим порядком выемки слоев;
- слоевая система разработки с комбинированным порядком выемки слоев.

Камерная система разработки позволяет отработать рудное тело камерами на всю мощность. Рудное тело сначала отрабатывают первичными камерами шириной 8 м, а затем между отработанными первичными камерами извлекают запасы вторичных камер. Первичные камеры отрабатываются через 16 – метровый рудный целик, вторичные – через 16 – метровый рудо – бетонный целик, а камеры третьей очереди – через 16 – метровый бетонный целик. Проектные параметры камер: ширина – 8 м, длина – 60 м, высота до 25 м. Устойчивость пород в кровле камер

обеспечивается креплением железобетонными штангами верхней выработки, пройденной по оси камеры. Подготовительные работы включают в себя: проходку двух штреков, рудоспусков и вентиляционного восстающего. Нарезные работы в камерах включают в себя проходку нижнего бурового и верхнего штреков, отрезного восстающего, заездов в камеру для отгрузки отбитой руды. Рудный массив в камерах обуривают восходящими скважинами диаметром 56,0 мм, с применением самоходной буровой установки (далее по тексту СБУ) Simba – 254. Отбойка производится рядами секций скважин на отрезную щель, отгрузка осуществляется ПДМ из торцевых или боковых заездов в камеру на длину ковша. Последующая зачистка почвы камеры производится ПДМ с ДУ или скреперными лебедками.

Сущность *восходящего порядка выемки слоев* состоит в том, что рудное тело в пределах панели разделяется на вертикальные полосы – ленты шириной 8 м, которые обрабатываются слоями снизу вверх, причем, как правило между кровлей слоя и поверхностью закладки оставляют свободное технологическое пространство. В соответствии с подготовкой месторождения рудное тело по простиранию разбивается на секции (ленты) длиной 120 м и шириной 8 м. Секции обрабатываются слоями высотой 4 м снизу вверх с последующей закладкой отработанного пространства твердеющей смесью. Для прохода самоходного оборудования на слои по границам секции с почвы рудного тела в шахматном порядке проходят слоевые орты. Очистные работы начинаются после проведения разрезного штрека (РШ) сечением $S=16 \text{ м}^2$ по почве рудного тела (секции) с последующим его расширением до размеров 8x8. Когда кровля обурена, подают в слой закладочную смесь через скважину диаметром 150 мм длиной до 120 м (для верхнего слоя бурят и вторую скважину для отвода воздуха) и возводят закладку на высоту 4 м; высота оставшегося свободного пространства 4 м. Верхние 0,5 м закладочного слоя выводят из смеси повышенной прочности – с расходом цемента 150 кг/м^3 . Через 3 – 5 дней по поверхности закладки могут передвигаться самоходные машины. Заезд самоходных машин на слой осуществляется по вышележащему слоевому орту. А сбоку в очередной ленте можно вести работы, когда прочность закладки достигнет 1,0 МПа.

Сущность *комбинированного порядка выемки слоев* заключается в том, что верхний (подкровельный) слой обрабатывают с опережением, а остальную часть рудного тела -аналогично варианту с восходящим порядком выемки.

Комбинированный порядок выемки слоев может применяться при отработке слабо- и сильно нарушенных руд, а также при сильно нарушенных и раздробленных породах кровли. Этот вариант можно также применять при разработке участков рудного тела, в нижней части которого (в разрезе)

залегает слабо- или средне нарушенные руды, а в верхней - сильно нарушенные. В таком случае сильно нарушенные руды обрабатывают нисходящими слоями, а надработанные слабо- или средне нарушенные руды - восходящими. Надработкой рудного тела верхним (подкровельным) слоем, расположенным, как правило, в наиболее нарушенных породах кровли и рудного тела, очистной забой разгружается от повышенного опорного давления, приводится в неудароопасное состояние призабойная часть сплошных руд и существенно уменьшается влияние прогиба пород на рудную консоль. За счёт комбинированного порядка расширяется область применения технологии восходящей выемки, однако остаются недостатки этого варианта, кроме первого.

При выборе системы разработки месторождения рассматривали: слоевую систему разработки с восходящим порядком выемки слоёв с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями и камерную систему разработки по камерно – целиковой схеме с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. В качестве критерия оценки системы разработки применяем показатель себестоимости 1т руды. Так как себестоимость 1т руды при камерно-целиковой системе разработки больше себестоимости 1т руды, чем при сплошной слоевой системе, принимается сплошная слоевая система разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями.

При отработке богатых руд залежи С-2 предлагается оставление временного разделительного целика и ведение фронта очистных работ в одном направлении.

Выбор порядка отработки сложно-залегających богатых руд залежи С-2 определен исходя из условий залегания залежи и предусматривает отработку залежи производить лентами, ориентированными как по падению, так и вкрест простирания залежи.

Вывод

В результате проделанной работы рекомендуется:

- применять сплошную слоевую систему разработки в восходящем порядке с бурением разгрузочных камер;
- применять камерно-целиковый порядок отработки для принятой системы разработки, что позволит увеличить интенсивность добычи руды за счет одновременной отработки не менее двух лент на фланге в одной панели;
- изменить направление фронта очистных работ с оставлением временного разделительного целика для снижения влияния горного давления и скорейшего ввода в отработку первоочередного участка.

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАМЕНЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ШАХТ

Чалова Е.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Щербина Г.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

На горно-добывающих предприятиях России и стран ближнего зарубежья работают свыше 360 вентиляторов типа ВОКД-24, ВУПД-24, ВОД-21 и др., назначенный срок службы которых давно истёк. Они составляют около 55 % всего парка действующих машин и выполнены по двухступенчатой схеме с двумя рабочими колесами (по 12 лопаток в каждом) и поворотными лопатками направляюще-спрямляющего (НСА) и спрямляющего (СА) аппаратов. Реверс вентиляторов ВОКД производят посредством обводных каналов, а реверс вентиляторов ВОД – путём изменения направления вращения привода вентилятора и разворота лопаток НСА и СА. При этом вентиляторы ВОКД работают по 30...45 лет, а ВОД – более 15...25 лет. В первом случае это означает трех-, а во втором – двукратную переработку проектного ресурса.

Надёжность вентиляторов главного проветривания (ВГП) является одним из основных условий устойчивой работы горных предприятий и безопасности ведения подземных горных работ. Важнейшим параметром их надёжности является наработка на отказ основных узлов и деталей, неисправность которых может вызвать аварийную ситуацию в целом по шахте. Статистический анализ отказов ВГП, приведенный в работе [1], показывает, что более 30 % отказов осевых вентиляторов приходится на выход из строя ротора, в том числе из-за лопаток рабочего колеса (РК).

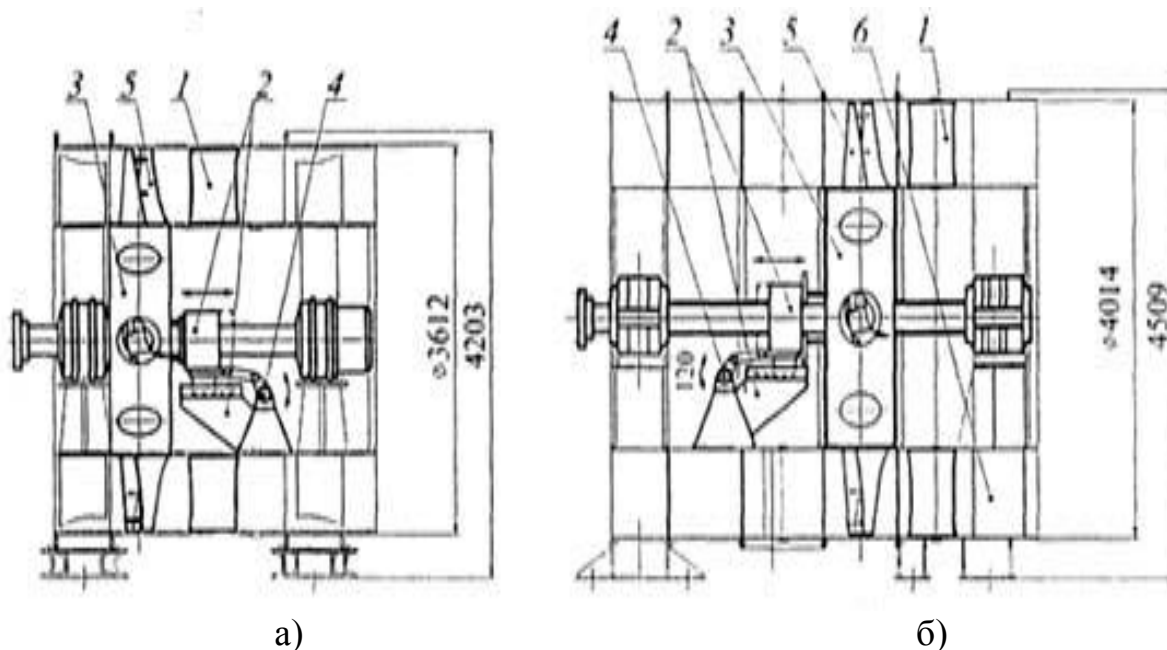
Известно, что в структуре электропотребления шахт удельный расход электроэнергии на проветривание постоянно увеличивается с ростом газообильности от 1 до 25м³/т, достигая значения примерно 55...72%, в то время как доля относительного потребления электроэнергии на подземную добычу и транспорт угля уменьшается с 32 до 12%. Таким образом, затраты электроэнергии на проветривание подземных горных выработок и забоев в существенной мере определяют электропотребление шахты [2], поэтому улучшение систем шахтной вентиляции и модернизации вентиляторов чрезвычайно актуально.

Замена главных вентиляторных установок на действующих шахтах и рудниках является сложной инженерной задачей, требующей больших капитальных затрат по реконструкции строительной части, заливки новых фундаментов, а также остановки производства на длительный период.

Эта проблема была решена и реализована в ОАО НИПИГормаш и в НИ и ОК институте «АЭРОТУРБОМАШ» путём замены двухступенчатых

роторов на одноступенчатые с восемью лопатками, которые выполняются по новым аэродинамическим схемам с возможностью регулирования и реверсирования режима вентилятора изменением частоты и направления вращения рабочего колеса. Ещё в 1980-х гг. Институт горной механики им. М.М.Фёдорова (г. Донецк) предложил использовать аэродинамические схемы на основе сдвоенных листовых лопаток РК [3].

К основным преимуществам предлагаемой конструкции по сравнению с традиционными профильными лопатками можно отнести более высокую технологичность изготовления и большую динамическую уравновешенность. Широкое развитие такие аэродинамические схемы получили в исследованиях Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева и Института горного дела Сибирского отделения РАН [4]. Такая лопатка РК представляет собой две штампованные лопасти, приваренные к поворотному основанию. Для повышения прочности и жёсткости конструкции между лопастями свариваются одна или две перемычки. Проведенные исследования показали, что напряжённое состояние и частоты собственных колебаний конструкции с двумя перемычками и с одной перемычкой отличаются незначительно. Учитывая, что трудоёмкость изготовления лопаточного узла с одной перемычкой ниже, чем с двумя, был принят оптимальный вариант исполнения конструкции с одной перемычкой.



1 – неповоротные лопатки СА; 2 – кривошипно-ползунный механизм поворота лопаток РК; 3 – рабочее колесо; 4 – ось однооборотного механизма поворота лопаток РК; 5 – поворотные на ходу сдвоенные листовые лопатки РК; 6 – дополнительные ребра жесткости

Рисунок – Компоновочные схемы вентиляторов ВО-36Км (а) и ВО-40Км (б) (после модернизации соответственно вентиляторов ВОКД-36 и ВОД-40)

При модернизации вентиляторов типа ВОКД на промежуточном кожухе демонтируется спрямляюще-направляющий аппарат, содержащий 20 лопаток с поворотными закрылками и электроприводом, вместо которого в проём между втулкой и корпусом вентилятора ввариваются две листовые, специальной геометрии, лопатки (рисунок а). Проём во втулке, образовавшийся после удаления второй ступени вентилятора, закрывается. В нижней внутренней части втулки кожуха крепится кривошипно-шатунная колонка с подшипниковым ползуном кривошипно-ползунного механизма 2 поворота лопаток. Поворот лопаток РК для регулирования и реверсирования производительности на ходу вентилятора осуществляется поворотом оси 4 однооборотного серийного механизма МЭО в пределах 120° за 1,5...2,0 мин. Таким образом, двухступенчатый ротор заменяется на одноступенчатый, содержащий восемь лопаток 5, имеющих специальную геометрию, рассчитанную на заданные вентиляционные параметры заказчика.

Модернизация вентилятора ВОД-40 (рисунок б) проводится аналогично, при этом лопатки 1 неподвижного спрямляющего аппарата ввариваются вместо демонтированного поворотно-лопастного спрямляющего аппарата второй ступени, а для усиления опоры под радиально-упорным подшипником ввариваются дополнительные рёбра 6.

Промышленные испытания на шахтах и рудниках подтвердили работоспособность предложенной конструкции. Таким образом, модернизация вентиляторов ВОКД и ВОД, многократно выработавших проектные ресурсы, не только решает организационно-технические проблемы безопасности, получение разрешения на продление сроков их службы, но и обеспечивает значительный экономический эффект, в том числе за счёт снижения энергопотребления на 35...40%.

Библиографический список

1. Демочко С.И. Неисправности шахтных вентиляторных установок главного проветривания / С.И. Демочко, А.В.Кузнецов, В.П. Паршинцев// М.: Недра. 1990.
2. Разгильдеев Г.И. Структура энергопотребления и ресурсы энергосбережения на шахтах Кузбасса / Г.И.Разгильдеев //Уголь. 2000, №7.
3. Левин Е.М. Аэродинамические характеристики и перспективы применения осевых вентиляторов с неравномерным шагом лопаток/ Е.М. Левин, В.П. Сысоев, В.А. Руденко //Шахтные турбомашин. Донецк: ИГМТ им. М.М.Фёдорова, 1974, №35.
4. Петров Н.Н. Доработка параметров и освоение производства нового ряда осевых вентиляторов серии ВО для главного проветривания шахт./ Н.Н. Петров, Е.Ю. Грехнёва, И.А. Козулин// «Горное оборудование и электромеханика» №10, 2009.

III. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.74:669

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В ИЗЛОЖНИЦЫ

Неунывахина Д.Т.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Фейлер С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В металлургической практике используются разнообразные порошкообразные смеси для выплавки, внепечной обработки, разливки и непрерывной разливки стали. Условно такие смеси можно разделить на 3 группы:

- 1) огнеупорные (для горячих ремонтов футеровки)
- 2) шлакообразующие (для рафинирования расплава)
- 3) теплоизолирующие (для снижения тепловых потерь с поверхности металла)

Теплоизолирующие смеси используются для защиты металла в сталеразливочном и промежуточном ковшах и при разливке стали в изложницы.

В настоящее время на сталеплавильных предприятиях при разливке спокойных сталей в изложницы используют различные теплоизолирующие смеси, которые подают на зеркало металла после наполнения для уменьшения теплотерь и усадочных дефектов слитка.

Так, в кислородно-конвертерном цехе № 2 ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» при разливке спокойных сталей в изложницы 12ПЗ применяется минеральная теплоизолирующая смесь типа МТС, химический состав которой представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав смеси типа МТС

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	C
9,44	0,50	0,69	53,66	1,00	0,63	0,09	33,37

Для определения эффективности теплоизоляции поверхности металла в изложнице выполнены лабораторные исследования, при проведении которых навеску стального лома помещали в алундовый тигель и расплавляли в печи сопротивления. После расплавления тигель с металлическим расплавом охлаждали на воздухе, при этом осуществляли непрерывный замер и регистрацию температуры поверхности расплава с использованием пирометра TemPro-2200 (рисунок 1).

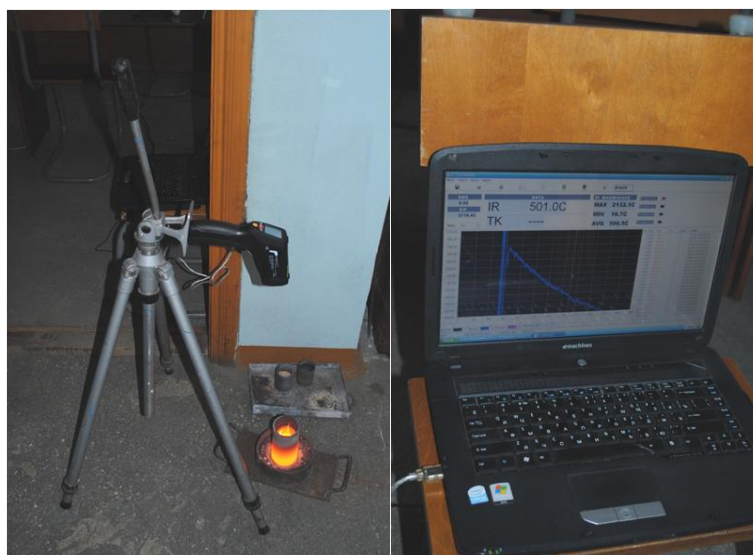


Рисунок 1 – Измерение температуры поверхности расплава в тигле

Исследования проводились по 5 вариантам:

- 1) открытая поверхность металла;
- 2) на поверхность металла подавали смесь МТС с расходом 17 дм^3 на 1 м^2 поверхности;
- 3) на поверхность металла подавали смесь МТС с расходом 52 дм^3 на 1 м^2 поверхности (что соответствует реальному расходу 20 дм^3 на изложницу);
- 4) на поверхность металла подавали смесь на основе вермикулита (таблица 2) с расходом 26 дм^3 на м^2 поверхности;
- 5) на поверхность металла подавали смесь на основе вермикулита с добавлением углеродсодержащего материала с расходом 20 дм^3 на м^2 поверхности.

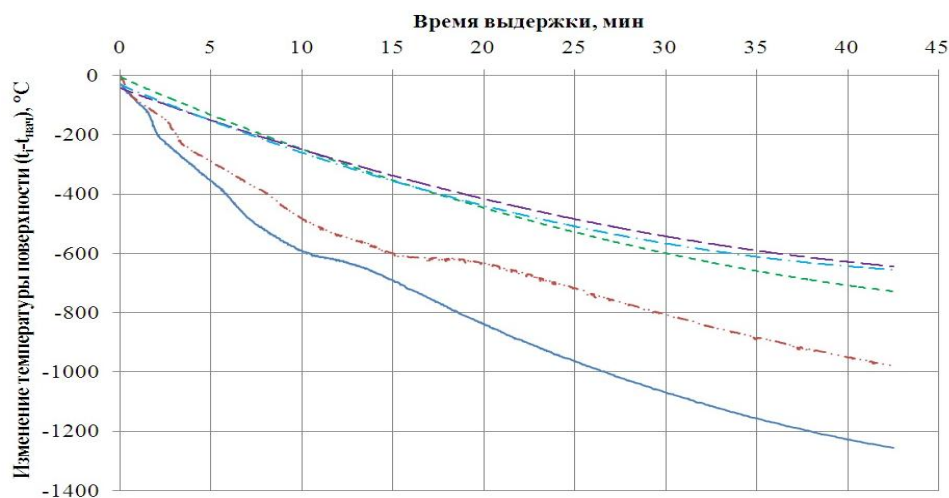
Таблица 2 – Химический состав смеси на основе вермикулита

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	S	ППП
40,58	16,51	10,66	1,93	17,18	3,41	1,46	1,25	0,09	0,24	0,04	6,89

Анализ результатов исследования показал, что интенсивность теплотерь с поверхности металлического расплава без теплоизоляции и с расходом смеси типа МТС 17 м^3 на м^2 поверхности составляла около $23,5^\circ\text{C}/\text{мин}$ и $21,5^\circ\text{C}/\text{мин}$, соответственно, а при 3-х остальных вариантах соответственно 14,9, 12,8 и 13,2. Стоит отметить, что при подаче на поверхность металла смеси типа МТС наблюдалось возникновение открытого пламени и соответственно затраты тепла на горение органической составляющей смеси. В свою очередь, теплоизолирующий эффект достигается после полного сгорания органической составляющей и образования на поверхности металла золы. При этом золы образуется около 7% от массы смеси или 15 % от объема.

При анализе графиков изменения температуры по времени (рисунок 2) установлено, что при использовании смеси на основе вермикулита, несмотря на вдвое меньший расход, снижение температуры за время выдержки

металла было на 13% меньше по сравнению с использованием смеси МТС, что иллюстрирует высокие теплоизолирующие свойства смеси. При сравнении теплоизолирующих свойств смеси на основе вермикулита и смеси с добавлением углеродсодержащего материала значительных изменений не выявлено.



————— — Открытая поверхность; — смесь МТС с расходом 17 дм³/м²;
 - - - - - смесь МТС с расходом 52 дм³/м²; - - · - - - смесь на основе
 вермикулита; — · — · — смесь на основе вермикулита с добавлением
 углеродсодержащего материала

Рисунок 2 – Изменение температуры поверхности металла в тигле

Таким образом, использование теплоизолирующей смеси на основе вермикулита при разливке стали в изложницы вместо смеси МТС позволяет снизить теплотери с поверхности металла при меньшем расходе смеси. Кроме этого, улучшаются условия труда при разливке стали в изложницы, в связи с отсутствием в смеси органической составляющей, которая вызывает возникновение открытого пламени при добавлении на поверхность металлического расплава.

УДК 669.187

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИКВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ

Корвякова М.Н.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Фейлер С.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
 г. Новокузнецк*

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.

Исследование ликвационных процессов проводили для условий разливки рельсовой стали на четырехручьева МНЛЗ ОАО «Евраз ЗСМК», полностью реконструированной в 2012 году, с сечением заготовки 300×360 и скоростью разливки до 0,8 м/мин. При отработке оптимального температурно-скоростного режима разливки рельсовой стали марки Э76Ф были подготовлены темплеты с заготовок 1 и 3 ручьев. Химический состав маркировочной пробы металла: 0,77% С; 0,88% Мn; 0,31% Si; 0,018% Р и 0,011% S. После предварительной обработки темплетов проводили сверление в семнадцати точках с последующим отбором проб на химический анализ по схеме, представленной на рисунке 1.

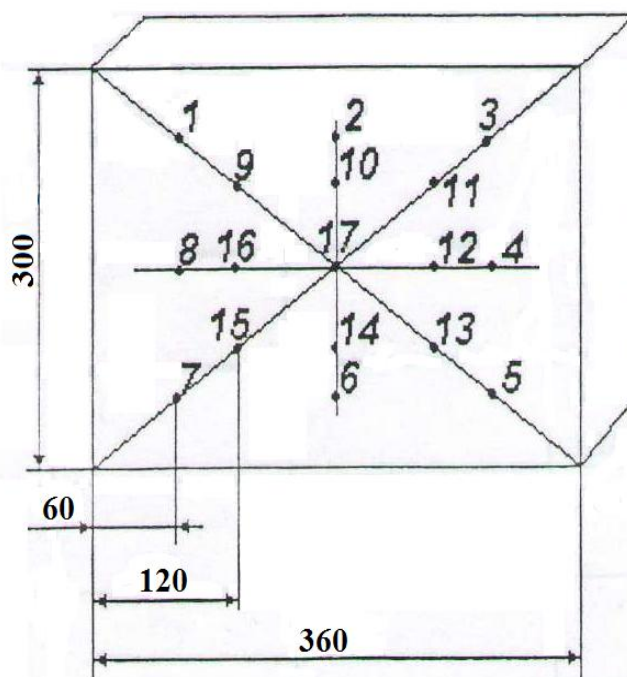


Рисунок 1 – Схема отбора проб

Результаты химического анализа темплетов с первой заготовки первого ручья (1-1), первой заготовки третьего ручья (3-1) и третьей заготовки третьего ручья (3-3) представлены в таблице 1. Для оценки склонности к ликвации различных элементов, содержащихся в стали, выполнен расчет степени ликвации элементов в соответствии с выражением:

$$\frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\text{ж}}} \times 100\%.$$

где C_{\max} и C_{\min} – максимальное и минимальное содержание элемента в различных частях слитка;

$C_{\text{ж}}$ – содержание элемента в жидкой стали (в соответствии с химическим анализом маркировочной пробы).

Результаты расчета приведены на рисунке 2.

Таблица 1 – Распределение элементов по сечению заготовки

№ пр о- бы	Содержание элементов, %														
	C	Mn	Si	P	S	C	Mn	Si	P	S	C	Mn	Si	P	S
Заготовка 1-1					Заготовка 3-1					Заготовка 3-3					
1	0,76	0,87	0,28	0,016	0,012	0,77	0,86	0,31	0,017	0,012	0,79	0,87	0,31	0,018	0,013
2	0,78	0,88	0,29	0,019	0,012	0,77	0,86	0,31	0,018	0,012	0,78	0,88	0,30	0,019	0,013
3	0,78	0,87	0,29	0,017	0,013	0,76	0,86	0,30	0,017	0,012	0,77	0,87	0,30	0,018	0,013
4	0,78	0,88	0,30	0,018	0,012	0,79	0,86	0,30	0,018	0,013	0,79	0,87	0,30	0,019	0,013
5	0,77	0,86	0,29	0,016	0,012	0,77	0,86	0,31	0,017	0,012	0,77	0,87	0,30	0,019	0,013
6	0,79	0,86	0,29	0,018	0,013	0,77	0,86	0,30	0,017	0,013	0,78	0,87	0,30	0,018	0,013
7	0,77	0,86	0,30	0,018	0,012	0,77	0,87	0,30	0,018	0,012	0,77	0,87	0,30	0,019	0,012
8	0,79	0,87	0,30	0,020	0,013	0,77	0,87	0,30	0,018	0,012	0,78	0,88	0,30	0,018	0,013
9	0,78	0,87	0,31	0,019	0,013	0,76	0,87	0,30	0,017	0,012	0,79	0,88	0,30	0,018	0,013
10	0,79	0,86	0,29	0,020	0,013	0,77	0,87	0,30	0,019	0,013	0,78	0,88	0,30	0,021	0,014
11	0,78	0,87	0,31	0,019	0,013	0,78	0,86	0,30	0,018	0,013	0,76	0,88	0,30	0,020	0,013
12	0,75	0,86	0,30	0,019	0,014	0,77	0,87	0,30	0,017	0,012	0,75	0,90	0,31	0,020	0,012
13	0,77	0,87	0,30	0,019	0,012	0,79	0,87	0,30	0,019	0,013	0,78	0,91	0,30	0,020	0,013
14	0,79	0,87	0,29	0,020	0,013	0,80	0,87	0,30	0,020	0,014	0,79	0,88	0,30	0,019	0,013
15	0,80	0,87	0,30	0,020	0,012	0,78	0,87	0,31	0,020	0,013	0,76	0,88	0,30	0,019	0,013
16	0,76	0,86	0,30	0,019	0,012	0,78	0,87	0,31	0,019	0,012	0,79	0,87	0,30	0,018	0,013
17	0,80	0,87	0,29	0,020	0,013	0,80	0,89	0,31	0,019	0,013	0,79	0,91	0,29	0,018	0,013

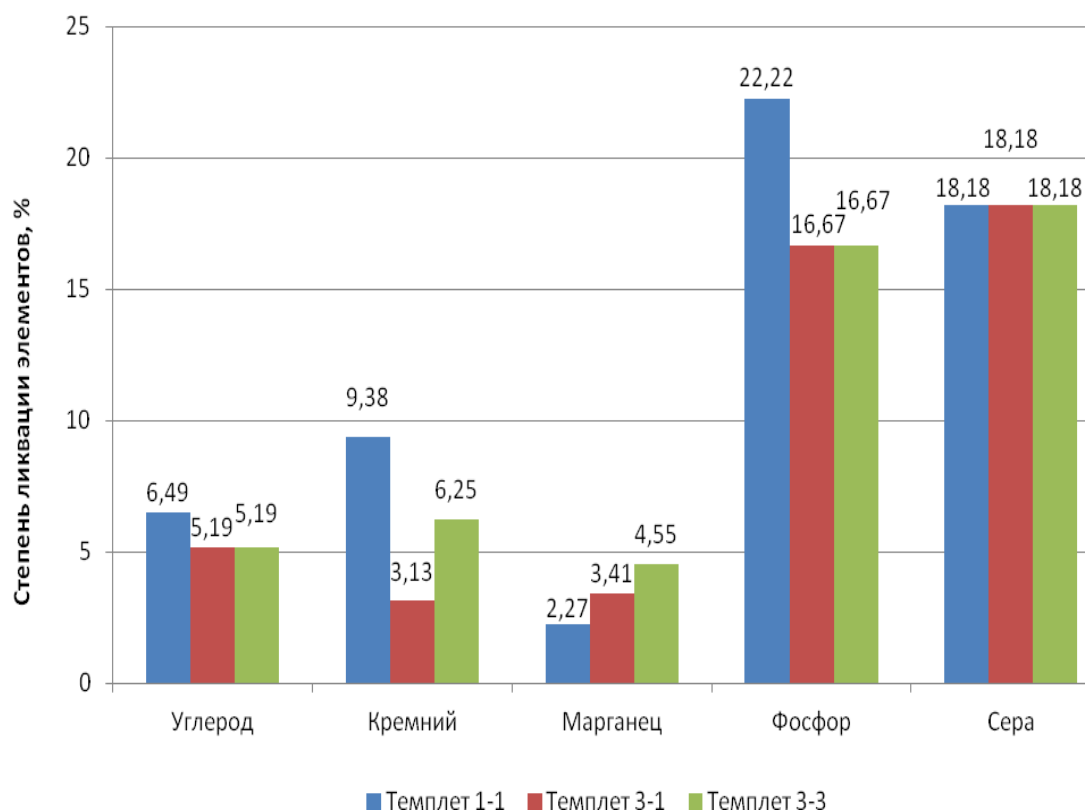


Рисунок 2 – Степень ликвации элементов в непрерывнолитых заготовках

Анализ полученных данных показал, что основными ликвирующими элементами являются С, Р, S. Как видно из рисунка 2 степень ликвации элементов с заготовок 1-ого и 3-его ручья отличается незначительно, что указывает на стабильность технического процесса.

УДК 669.046.516.2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ СТАЛИ ВАНАДИЕМ И АЗОТОМ НА СТРУКТУРУ МЕТАЛЛА

Ефименко Ю.А., Балацкий Г.В., Тарков Р.А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Нохрина О.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Производство и потребление ванадия в мире постоянно возрастают, особенно в последние годы. Это связано с расширяющимся спросом на низколегированные стали для промышленного и гражданского строительства, сооружения газо- и нефтепроводов, развития автомобилестроения.

Для России значение ванадия как легирующего элемента определяется также тем, что он в некоторых случаях эффективно заменяет вольфрам,

молибден, никель и ниобий. Ванадий широко распространен в природе; его содержание в земной коре до 0,02 % (мас.), что превышает содержание, например, меди, цинка и свинца. Однако ванадий значительно более рассеян; промышленные месторождения собственно ванадиевых руд встречаются редко.

На измельчение зерна и микроструктурные изменения существенно влияет микролегирование стали сильными карбонитридообразующими элементами, в основном это ванадий, ниобий, титан.

Ванадий - сильный карбидообразующий и нитридообразующий элемент. Образуемые им карбиды и нитриды являются фазами внедрения.

Известен способ направленного воздействия на структуру и свойства стали - метод карбонитридного упрочнения, который включает в себя дисперсионное измельчение зерна стали, образование совершенной субзеренной структуры.

Азот во многом определяет плотность выделений карбонитридов и нитридов ванадия и, следовательно, степень упрочнения. Дисперсные выделения нитридов ванадия обеспечивают более высокий уровень прочности при меньших содержаниях ванадия, что экономически выгодно, особенно в настоящее время при конъюнктурно высокой стоимости ванадия.

В качестве ванадийсодержащих сплавов для легирования стали ванадием используются:

- феррованадий;
- феррованадий азотированный;
- конвертерный ванадиевый шлак.

Традиционным способом легирования стали ванадием является введение феррованадия в сталеплавильный агрегат, однако стоимость феррованадия достаточно высокая, поэтому перспективным способом легирования стали ванадием может быть использование конвертерного ванадиевого шлака, получаемого при переработке ванадиевого чугуна в конвертерах.

В лабораторных условиях была проведена серия экспериментов комплексного микролегирования стали ванадием и азотом.

Целью экспериментов являлось изучение технологии легирования стали ванадием из феррованадия, азотированного феррованадия и оксидного расплава ванадиевого шлака (КВШ), которая позволяет выплавлять сталь с заданным содержанием ванадия без применения феррованадия, а также технологию легирования стали ванадием из феррованадия и КВШ совместно с продувкой газообразным азотом.

Были проведены четыре серии экспериментов, в которых для микролегирования стали использовали:

- феррованадий марки ФВд80 с содержанием ванадия 80,4 %;
- азотированный феррованадий марки FeV50 с содержанием ванадия 46,3 % и азота 11 %;
- феррованадий марки ФВд80 совместно с продувкой газообразным

азотом ($N_2 = 97,5 \%$);

- брикеты из КВШ совместно с продувкой газообразным азотом.

Для полного восстановления ванадия был выбран состав брикета: КВШ, ФС75 (12 % от массы КВШ), кокс (12 % от массы КВШ) и известь (12 % от массы КВШ). Содержание ванадия в КВШ составляет около 14,45 %.

Первые две серии экспериментов проводились в печи Таммана. Технология экспериментов заключалась в следующем: расплавление образцов стали известного химического состава, присадка легирующих, выпуск металла в графитовую изложницу. Количество легирующих рассчитывалось исходя из содержания ванадия в готовом металле 0,15 %.

Эксперименты с использованием продувки стали газообразным азотом проводили на специально разработанной установке.

Методика эксперимента заключалась в следующем: расплавление образца с известным химическим составом, введение легирующих, продувка стали газообразным азотом в течение 30 минут с расходом азота 0,5 л/мин, выпуск металла в графитовую изложницу.

Результаты химического анализа полученных образцов металла представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав образцов

Эксперимент	Массовая доля элемента, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	V	N
Феррованадий	0,19	0,59	0,39	0,05	0,10	0,13	0,13	-
Феррованадий совместно с продувкой газообразным азотом	0,20	0,37	0,45	0,04	0,10	0,13	0,13	0,011
Азотированный феррованадий	0,23	0,27	0,45	0,06	0,09	0,12	0,13	0,011
КВШ совместно с продувкой газообразным азотом	0,24	0,37	0,39	0,06	0,10	0,13	0,13	0,011

Из таблицы видно, что использование комплексного микролегирования стали ванадием с использованием КВШ и продувкой газообразным азотом позволяет получить содержание $V=0,13 \%$ и $N=0,011 \%$, что соответствует условиям образования нитридов и карбонитридов.

Таким образом, исходя из результатов химического анализа полученных образцов видно, что использование КВШ совместно продувкой газообразным азотом не отличается от традиционных методов легирования стали ванадием.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХРОМОВОЙ РУДЫ УСПЕНСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

Ходосов И.Е., Силин М.Ю., Чукреева Е.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Нохрина О.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

О проблемах отечественной ферросплавной промышленности, связанных с сырьевой базой, свидетельствует множество различных фактов. К наиболее ярко выраженным можно отнести дефицит хромовых руд, которые для России являются стратегическим сырьем. Отсутствие надежной сырьевой базы стало насущной проблемой отечественной ферросплавной промышленности.

Значительное количество руды, используемой для выплавки сплавов феррохрома, добывается на Южно-Кемпирсайском месторождении хромовой руды Донским ГОКом, созданным еще в 1938 г. Для Кимперсайского массива характерны высокохромистые руды, которые достаточно полно исследованы и характеризуются стабильными технологическими показателями. После распада СССР эти богатые руды стали дефицитными для России. В течение последних 20 лет Казахстан увеличил внутреннее потребление хромитов, расширил производственные мощности феррохрома, сократил в 2 – 2,5 раза поставки хромитовых руд с одновременным повышением цены в 2 – 3 раза. Таким образом, отечественные предприятия были вынуждены находить другие источники хроморудного сырья, им пришлось ввозить руды из Индии, Албании, Турции. Значительную перспективу получила разработка рудной базы на Полярном и Приполярном Урале. Однако удовлетворить требования предприятий и ликвидировать дефицит хромового сырья за счет использования руды уральского региона невозможно по ряду причин, к которым можно отнести: трудности, возникающие при разработке месторождений, климатические и ландшафтные особенности Приполярного Урала; нехватку информации о строении и свойствах руд и их металлургических характеристиках.

Современная ситуация, сложившаяся на мировом рынке производства хромовой руды и феррохрома, представлена на рисунках 1 и 2. Согласно мировым темпам роста потребления хромосодержащих материалов можно утверждать, что в первой половине этого столетия дефицит Казахской хромовой руды для России сохранится, ведь основной резерв качественных запасов хромовых руд Казахстана (приблизительно 95 %) представляют месторождения, пригодные для подземной разработки.



Рисунок 1 - Доли стран-производителей хромовой руды на мировом рынке, %

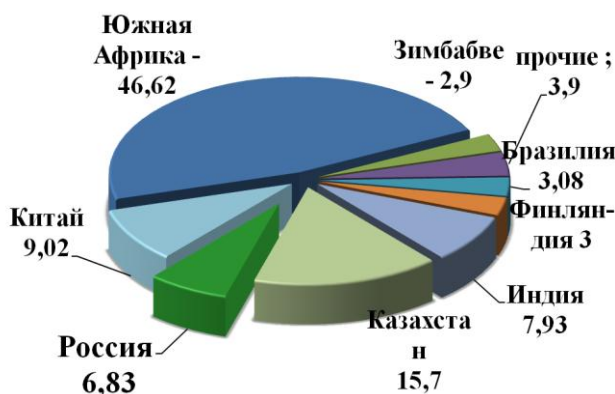


Рисунок 2 - Доли стран-производителей феррохрома на мировом рынке, %

Уральское сырье не способно обеспечить ферросплавную промышленность ни по качественным, ни по количественным показателям. Собственное производство обеспечивает 12 % потребности и составляет 4 % от достигнутых мощностей. В 2010 году потребление хрома в России увеличилось почти в два раза до 770 тонн. При этом если учитывать, что общие прогнозные ресурсы хромовых руд России выходят в пятерку главных сырьевых стран, то из сказанного выше можно сделать вывод о необходимости расширения географии сырьевой базы хромовой руды. Этот процесс должен включать не только геологическую оценку недр, но и одновременное исследование применения руды в производстве. Процесс получения феррохрома сложный процесс, и в значительной степени его сложность обусловлена технологическими особенностями используемого сырья. Более полная оценка металлургической значимости позволит ускорить и сделать более эффективным использование руды в промышленности.

В 2010 году на кафедре металлургии черных металлов стандартизации и сертификации СибГИУ была начата работа по исследованию металлургических свойств валунчатой хромовой руды коры выветривания,

которая была обнаружена в результате геологической разведки на смежной территории Кемеровской области и Алтайского края. Данная руда относится к рудопроявлению с названием Успенское.

Пригодность хромовой руды для производства феррохрома определяется следующими требованиями: содержание в руде Cr_2O_3 не менее 47 %; SiO_2 не более 7 – 10 %; соотношение $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}_{\text{общ}}$ должно быть не менее 3 – 3,5; содержание P не более 0,008. Немаловажным показателем при оценке пригодности хромовой руды при производстве феррохрома является соотношение $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Результаты химического анализа руды рудопроявления Успенское в сравнении с рудами Кимперсайского и Сарановского месторождений (таблица 1) показали, что исследуемая руда удовлетворяет требованиям нормативных документов.

Таблица 1 – Химический состав руды рудопроявления Успенское, Кимперсайского и Сарановского месторождений

Содержание, мас. %	Руда		
	Успенское рудопроявление	Кемпирсайское месторождение	Сарановское месторождение
Cr_2O_3	52,44	53,83	37,42
$\text{FeO}_{\text{общ}}$	13,7	11,84	20,09
Al_2O_3	12,68	7,96	20,86
MgO	11,97	18,01	15,22
SiO_2	7,2	6,47	5,22
CaO	0,18	0,32	0,20
S	Не опр.	0,015	0,45
P	0,004	0,002	Не опр.
$\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}_{\text{общ}}$	3,8	4,5	1,8
$\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$	0,94	2,26	0,72

Однако руды различных месторождений, несмотря на приблизительно одинаковый химический состав, отличаются металлургическими характеристиками. Таким образом, наиболее перспективным является комплексный подход к исследованию.

В ходе проведенных работ был определен вид хромшпинелида – главного рудообразующего минерала, оценены состав и свойства вмещающей породы. В результате проведения фазового анализа получено описание качественного состава (таблица 2). Представленная руда (класс +10) составлена соединениями: гетит, кварц, хромипикотит; сопровождающая порода: тальк, хлорит полевой шпат.

Таблица 2 – Результаты рентгенофазового анализа

Результаты РФА	
Много:	Хромпикотит
Присутствует:	Кварц, гетит
Немного:	Тальк, хлорит, полевой шпат

Изучение кинетики восстановления позволило оценить восстановимость руды, а также описать процесс восстановления. Оценка проводилась методом непрерывного взвешивания. Термовесовой метод заключается в нагреве шихты и оценке изменения ее массы. Исследуемый образец помещали в корундовый тигель и далее в предварительно нагретую печь. Образец – навеска из хромовой руды фракции 2-5 мм и кокса фракции 3-5 мм. Шихту рассчитывали на полное восстановление хрома и железа с незначительным избытком. На рисунке 3 приведены результаты кинетических исследований при 1873, 1973, 2073 К в сравнении с данными, полученными при карботермическом восстановлении идентичной навески Кимперсайской хромовой руды.

Степень восстановления была рассчитана как отношение убыли массы, полученной в ходе проведения эксперимента, к массе газовой фазы CO , полученной расчетным путем. Усредненный показатель степени восстановления $a = 74 \%$.

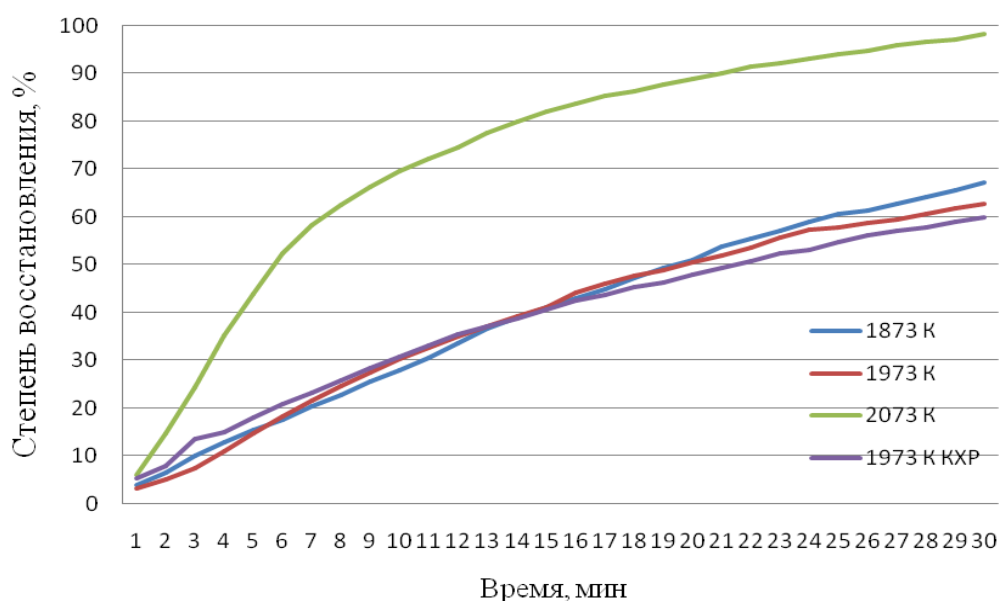


Рисунок 3 – Зависимости степени восстановления оксидов хромовой руды Успенского рудопроявления (при 1873, 1973, 2073 К) и Кимперсайского месторождения (КХР при 1973 К) от длительности изотермической выдержки

Выводы. Вклад металлургической промышленности в развитие России можно оценить как наиболее значимый. В настоящее время наблюдается увеличение внутреннего потребления металлургической продукции с высокой степенью передела. Эта продукция в большей степени представлена

хромсодержащими материалами. Для создания надежной сырьевой базы необходимо использовать комплексный подход к исследованию и применению хромовой руды различных месторождений. Вследствие чего открывается перспектива расширения географии отечественной ферросплавной промышленности за счет использования природных ресурсов и металлургической базы Кузбасса.

УДК 669.168

ВЫПЛАВКА СИЛИКОМАРГАНЦА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛУКОКСА

Сидоров А.В.

Научный руководитель д.т.н., профессор Нохрина О.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Для улучшения работы РТП выплавляющей силикомарганец проведена опытная компания по частичной замене коксового орешка полукоксом. Из данных, представленных в таблице 1, видно, что полукокк по своим физико-химическим свойствам ни чем не уступает коксовому орешку, а по некоторым показателям превосходит его. Среднее содержание углерода в обоих восстановителях можно считать примерно одинаковым, при этом полукокк имеет значительно более высокую реакционную способность и удельное электросопротивление, так же к положительным свойствам полукоккса можно отнести развитую пористую структуру.

Опытная компания при выплавке силикомарганца марки МнС17 проведена в течение 25 дней с заменой коксового орешка полукоксом. В качестве базового был взят месячный период работы печи при выплавке ферросиликомарганца марки МнС17 со следующим составом восстановительной смеси (на 600 кг марганцевой руды): коксовый орешек – 190 кг, бурый уголь – 150 кг. В течение базового периода работа печи была обычной и не имела существенных отклонений от нормального хода.

В опытный период на печи тоже выплавляли ферросиликомарганец марки МнС17. Испытаны несколько вариантов шихтовки восстановительной смеси. Навеска полукоккса изменялась от 50 кг (период I) до 75 кг (период II), 100 кг (период III).

Полукокк имел крупность 15-20 мм и никаких мероприятий по подготовке его к плавке не проводилось. В основу технологии получения используемого полукоккса положен принцип автотермической (без внешнего теплоподвода) неполной газификации угля с использованием эффекта «обратной тепловой волны» в слое угля. В газификатор подается уголь и воздух, а продуктами являются только среднетемпературный кокс (полукокк) и горючий газ [4].

Таблица 1 – Физико-химические свойства углеродистых восстановителей

Показатели	Коксовый орешек	Полукокс	Бурый уголь
Технический анализ, %			
W ^a	9,9	1-1,3	35,0
A ^d	12,9	8,6	6,9
V ^{daf}	2,3	3,8	46,5
S ^d	0,42	0,13 - 0,22	0,35
P ^d	0,047	0,026 – 0,038	0,003
Содержание углерода, (C _{fix}), %	85,1	87,9	49,8
Содержание минеральных примесей на 100 кг углерода, (C _{fix}), кг	15,2	10,2	13,9
Химический состав золы по оксидам*):			
SiO ₂	47,98/7,29	54,29	17,6/2,45
Al ₂ O ₃	23,72/3,61	23,25	6,8/0,95
Fe ₂ O ₃	13,12/1,99	9,53	24,2/3,36
CaO	5,56/0,85	3,93	33,2/4,61
MgO	1,88/0,29	1,67	4,7/0,65
TiO ₂	1,01/0,15	0,75	0,2/0,03
P ₂ O ₅	0,68/0,10	0,48	0,1/0,01
Реакционная способность по CO ₂ при 1000° С, R _{co2} , см ³ /Г·с	0,47	2,39	5,47
Удельное электросопротивление по классу 6-3 мм, p=0,2 кг/см ² , ρ, Ом·см	3,9	19,7	
Плотность, г/см ³ :			
действительная, d _г ^d	1,952	1,833	1,697
кажущаяся, d _а ^d	1,040	0,641	0,891
Пористость, P _г ^d , %	46,7	65,0	47,5
Структурная прочность, Пс, %	87,4	73,1	55,7
Термическая стойкость, ПТС, %	98,7	80,4	25,8
*) В числителе – содержание оксидов в золе %, в знаменателе – то же, на 100 кг углерода, кг.			

Опытную кампанию проводили с использованием марганцевой руды, которая имела следующие качественные характеристики, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав руды

Количество руды в колоше	Mn	Fe	SiO ₂	CaO	S
150 кг	42,7	2,4	17,5	6,94	0,211
450 кг	38,44	3,28	5,68	13,52	0,2

Показатели работы печи в опытный период приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели выплавки силикомарганца марки MnC17

Показатели	Базовый период				Опытный период I				Опытный период II				Опытный период III			
Состав углеродистой части шихты (на 600 кг марганцевой руды), кг/колошу	Кокс – 190 кг; Полукокс – 0 кг; Уголь Б – 150 кг;				Кокс – 190 кг; Полукокс – 50 кг; Уголь Б – 0 кг;				Кокс – 110 кг; Полукокс – 75 кг; Уголь Б – 100 кг;				Кокс – 100 кг; Полукокс – 100 кг; Уголь Б – 100 кг;			
Производительность печи, баз.т/сут.*)	28,2/100,0				27,37/97				28,94/102,6				28,5/101			
Удельный расход электроэнергии, МВт·ч/баз.т*)	5,18/100,0				5,42/104,6				5,22/100,7				5,04/97,2			
Удельный расход сырья, т/баз.т:																
Марганцевая руда	2283,59				2031,27				2444,48				2238,12			
Кварцит	617				920,46				1037,94				1074,61			
Кокс	469,84				505,16				432,37				386,23			
Уголь бурый	393,96				-				406,11				358,58			
Полукокс	-				192,43				337,62				333,76			
Химический состав металла и шлака, %	Mn	Si	P	S	Mn	Si	P	S	Mn	Si	P	S	Mn	Si	P	S
	65,9	18,3	0,2	0,01	67,5	18,9	0,19	0,01	68,11	17,58	0,2	0,01	66,94	17,47	0,2	0,01
	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	SiO ₂	CaO	MgO
	14,2	46,27	24,55	3,46	18,17	47,42	25,23	3,02	22,4	47,65	22,93	2,92	26,9	47	20,4	2,93
*) В числителе – абсолютное значение показателя, в знаменателе – относительные в % сравнении с базовым																

периодом

Из данных таблицы 3 следует, что:

При проведении I опытного периода была сделана попытка ведения технологии на восстановительной смеси «кокс 190/полукокс 50», что в сравнении с базовым периодом привело к снижению производительности печи (3 %), с увеличением расхода электроэнергии на базовую тонну (4,6 %), при этом значительно ухудшились электрические показатели работы печи (электроды поднялись вверх), так же ухудшилась газопроницаемость колошника, в связи с чем в дальнейших опытных периодах к восстановительной смеси добавлялся бурый уголь.

По результатам II опытного периода при работе на смеси «кокс 110/полукокс 75/уголь Б 100» производительность печи возросла (2,6 %), удельный расход электроэнергии на тонну практически не изменился в сравнении с базовым периодом (0,7 %), электрические показатели работы печи стабилизировались, газопроницаемость колошника восстановилась.

Итогами опытного периода III (кокс 100/полукокс 100/уголь Б 100) стало повышение производительности печи (1 %) со снижением удельного расхода электроэнергии (2,8 %) – электрические показатели работы печи не изменились, повысилась «запыленность» колошника, ухудшилась газопроницаемость.

По результатам проведенной кампании стоит отметить, что с ростом использования в навеске полукокса возрастало количество MnO в шлаке, что говорит о неполном его восстановлении (суммарное количество твердого углерода в восстановительной смеси не изменилось), также с увеличением доли полукокса увеличивалась «запыленность» колошника и дозирочного отделения.

Библиографический список

1. Жучков В.И., Розенберг В.Л., Елкин К.С., Зельберг Б.И. Электрические параметры и конструкции рудовосстановительных электропечей. Челябинск: Металл, 1994. –192 с.
2. Кулинич В.И., Пирогов В.И., Матвиенко В.А., Кожевников В.А. Новые подходы к управлению технологии плавки шлаковым и бесшлаковым процессами восстановления оксидов в условиях действующей электрической цепи. // Электromеталлургия. – 2000. – № 7.– С. 19 – 22.
3. Кулинич В.И., Пирогов В.И., Матвиенко В.А., Кожевников В.А., А. Савнар. Новые подходы к управлению технологии плавки шлаковым и бесшлаковым процессами восстановления оксидов. //Сталь. – 1999. – № 7. – С. 35 – 38.
4. Степанов С.Г. Новая энергосберегающая экологически чистая технология получения углеродных сорбентов в г. Красноярске

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИДЕИ НЕПОДВИЖНОЙ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКИ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОВЫХ АГРЕГАТОВ

Гончарук М.С.

Научные руководители: к.т.н., доцент Михайличенко Т.А.,
к.т.н., профессор Стерлигов В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В настоящее время актуальной проблемой является поиск новых решений для теплоизоляции энергетических агрегатов. Перспективным решением является использование теплоизолирующей способности неподвижного воздушного слоя. Изначально мы провели аналогию со строением перьев у птиц или меха. Остья меха, располагаясь определенным образом, образуют на поверхности изделия воздушную прослойку, т.е. своего рода теплоизоляцию. На поверхности печного агрегата возможно создание так называемого стационарного слоя воздуха, который и будет являться теплоизоляцией. Для этого необходимо, чтобы суммарный коэффициент сопротивления системы был больше 1, а также определить параметры конструкции.

Предположительно задаемся исходными характеристиками конструкции. Под углом в 90° к поверхности агрегата на небольшом расстоянии друг от друга будут располагаться полые цилиндрические трубки диаметром не более 2 мм и небольшой длины или пластины с ребрами жесткости. Для определения геометрических характеристик конструкции нами были использованы данные: [4, стр.227,рис.107]. Из [2, стр.232, табл.XIV.1] видно, что наибольшим коэффициентом сопротивления давления, равным 1,33, обладает полушарие, обращенное впадиной навстречу течению.

Таблица 1 – Значения коэффициента сопротивления давления некоторых тел

Форма тела	C_d	Re
1. Плавно очерченные тела		
Круглый цилиндр бесконечной длины.....	0,3-0,4	$5 \cdot 10^5$
2. Тела с острыми кромками		
Прямоугольная пластинка с отношением сторон a/b.....	2,01	-
Полое полушарие, обращенное впадиной навстречу течению.....	1,33	-

Коэффициент местного сопротивления пучка труб при значении критерия $Re \geq 4 \cdot 10^4$ находим по формулам [4, стр.228]:

коридорный пучок труб

$$\zeta_1 = n \frac{S}{b} \cdot \alpha + \beta; \quad (1)$$

шахматный пучок труб

$$\zeta_1 = 0,7 \div 0,8 \left(n \frac{S}{b} \cdot \alpha + \beta \right). \quad (2)$$

Здесь α и β – функции, зависящие от коэффициента живого сечения $2\delta/b$:

$$\alpha = 0,028 \left(\frac{b}{2\delta} \right)^2 \text{ и } \beta = \left(\frac{b}{2\delta} - 1 \right)^2. \quad (3)$$

Значения α и β приведены в [4, стр.227, рис.107].

При неизменном $d=2$ и $n=1$ (d – диаметр элемента, n – количество рядов) и при различных значениях b, δ и S (конструктивные характеристики пучка труб) был произведен расчет коэффициента сопротивления ζ_1 по формулам (1-3). Далее были выбраны данные при $b/2\delta = \text{const} = 0,6$ для S/b и ζ_1 , так как ζ_1 при $b/2\delta = 0,6$ был получен максимальным и равным по величине 0,158 для одного ряда трубных элементов. График зависимости коэффициента сопротивления ζ_1 от S/b представлен на рисунке 1.

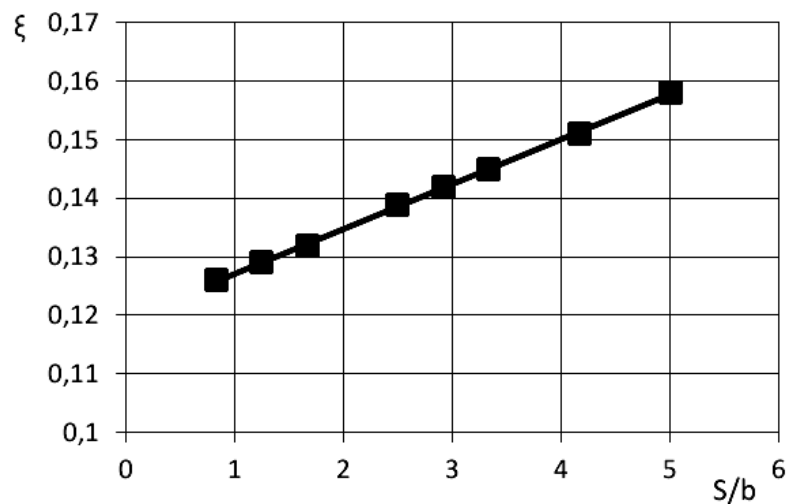


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента сопротивления ζ_1 от отношения S/b

В [1, стр.177] приведены следующие формулы.

Для коридорного пучка труб:

$$\zeta_{\text{кор}} = \{[(n-1) \cdot S/b] \cdot k_1 + k_2\} + \zeta_{\text{уд}};$$

Для шахматного пучка труб:

$$\zeta_{\text{шахм}} = (0,8 \div 0,9) \cdot \zeta_{\text{кор}}$$

Ниже приведен поправочный коэффициент, на который необходимо умножить ζ при $Re < 4 \cdot 10^4$.

$Re \cdot 10^{-4}$	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	3,0
Коридорный.....	1,41	1,31	1,25	1,21	1,10	1,02
Шахматный.....	1,70	1,52	1,43	1,37	1,18	1,08

При других углах набега на пучок его сопротивление уменьшается на 14-18 %; 43-46 %; 66-70 % при соответствующих углах атаки: $60^\circ, 45^\circ, 30^\circ$. Данная зависимость представлена в таблице 3 и на рисунке 2, из которых видно, что коэффициенты сопротивления для обоих пучков близки друг к другу.

Таблица 3 – Изменение коэффициента сопротивления от угла набега потока на пучок

Шахматный пучок		Коридорный	
α	%	α	%
30	34	30	30
45	57	45	54
60	86	60	82
90	100	90	100

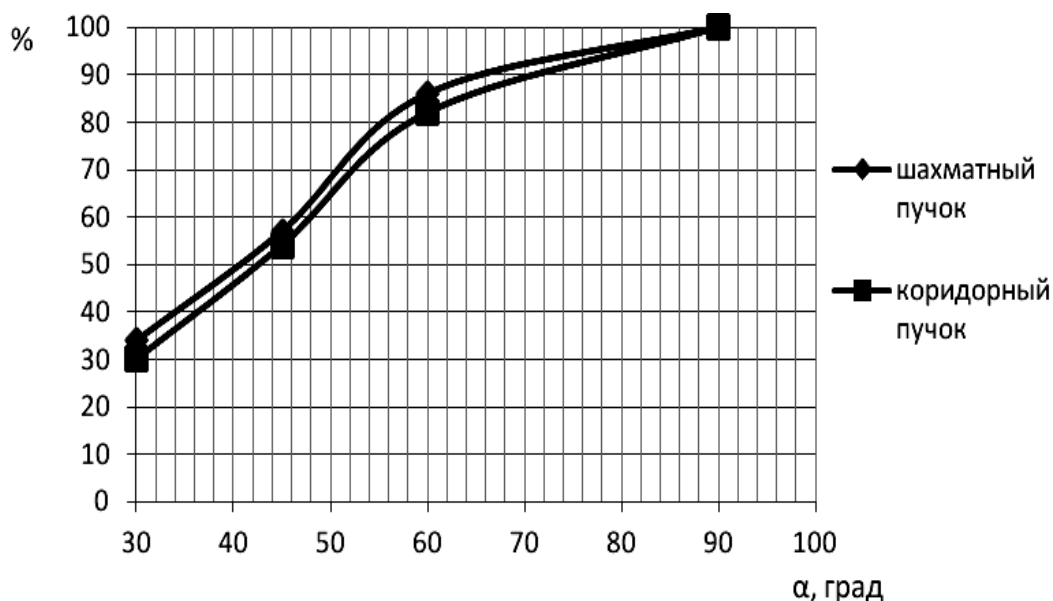


Рисунок 2 - Зависимость изменения коэффициента K от угла набега потока

Таким образом, можно сделать вывод, что система, состоящая из n рядов неких трубочек или полушарий, обращенных навстречу потоку под углом в 90° в шахматном порядке, а также при $b/2\delta = 0,6$ и $S/b = 3,33$ будет обладать наибольшим коэффициентом сопротивления $\zeta_1 = 0,158$ (при $n=1$), что удовлетворяет исходному условию: $\zeta_{\Sigma} \geq 1$.

Библиографический список

1. Механика жидкости и газа: учебник для вузов/ С.И. Аверин, А.Н. Минаев, В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко – М.: Металлургия, 1987. – 304 с.
2. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости): учебное пособие для вузов/ А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев – 2-е изд., перераб. и доп.– М.:Стройиздат, 1975. – 232 с.
3. Гидравлика и аэродинамика: учебник для вузов/А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов – М.:Стройиздат, 1987. – 414 с.:ил.
4. Казанцев Е.И. Промышленные печи: справочное руководство для расчетов и проектирования/ Е.И. Казанцев – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Металлургия, 1975. – 368 с.

УДК 536.2.083:519.876.5

СОЗДАНИЕ СТАГНАЦИОННОГО ВОЗДУШНОГО СЛОЯ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПЕЧЕЙ

Плюснина Е.А.

Научные руководители: к.т.н., профессор Стерлигов В.В.;
к.т.н., доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Экономия топливно-энергетических ресурсов является одной из приоритетных задач в развитии российской экономики. Существенная роль в решении проблемы энергосбережения принадлежит высокоэффективной промышленной тепловой изоляции. В статье излагается принципиально новый подход для ее получения.

При работе печей на наружной поверхности стен возникает свободное движение, обеспечивающее отвод тепла от стенок. Если создать определенные условия, то тот слой воздуха может стать застойным (стагнационным) и его можно рассматривать как дополнительную теплоизоляцию с очень низкой теплопроводностью.

Для стагнации слоя предлагается использовать систему местных сопротивлений, имитируя тепловую работу меха, или использовать систему ребер для подавления движения за счет трения.

Основное свойство, которым должен обладать теплоизоляционный материал, -это низкая способность проводить теплоту, характеризуемая соответственно малым значением коэффициента теплопроводности λ . В определенной степени указанное свойство предполагает малую объемную массу материала ρ_m . Связь между двумя величинами объясняется тем, что характерной особенностью структуры теплоизоляционных материалов является высокая пористость. Можно сказать, что каждый теплоизоляционный материал состоит из каркаса твердого вещества,

образующего оболочку пор (ячеек, капилляров), и воздуха (или другого газа), заполняющего объем пор.

При работе печей на наружной поверхности стен возникает свободное движение, обеспечивающее отвод тепла от стенок. Если создать определенные условия, то тот слой воздуха может стать застойным (стагнационным) и его можно рассматривать как дополнительную теплоизоляцию с очень низкой теплопроводностью.

Для стагнации слоя предлагается использовать систему местных сопротивлений, имитируя тепловую работу меха, или использовать систему ребер для подавления движения за счет трения.

Классическим случаем течения слоя жидкости, для которого существует аналитическое решение, является так называемое «течение Пуазейля», представляющее собой стационарное одномерное ламинарное течение в плоском канале, образуемом двумя бесконечно большими плоскопараллельными плоскостями.

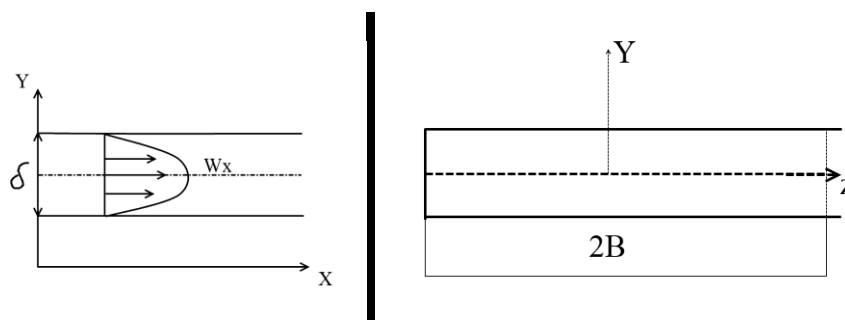


Рисунок 1- Схема стационарного одномерного ламинарного течения

Математически геометрия задается условием $2B \gg \delta$; $2B = \infty$, а одномерность давления определяется условием $W_y = W_z = 0$. Для этой геометрии гидравлический (эквивалентный) диаметр $d_3 = 2\delta$.

Для этого течения получено решение:

$$\lambda_{тр} = \frac{96}{Re},$$

где $Re = \frac{\bar{w}_x \cdot d_y}{\nu}$.

Величина потерь на трения для задачи Пуазейля определяется как

$$\Delta P_{\delta\delta} = \lambda \cdot \frac{L_1}{d_y} \cdot \frac{\bar{w}_x^2}{2} \cdot \rho,$$

Если рассматривать движение вдоль нагретой вертикальной поверхности при свободной конвекции, то там движение создается за счет подъемной силы:

$$\Delta P_{\delta\delta} = H \cdot g \cdot \Delta\rho,$$

При идеализации картины можно записать такую последовательность события: возникновение подъемной силы $\Delta P_{геом}$; создание движения,

характеризуемого динамическим давлением $\Delta P_{\text{дин}}$; подавление этого движения за счет силы трения $\Delta P_{\text{тр}}$.

$$\Delta P_{\text{ааи}} = P_{\text{аеі}} = \Delta P_{\text{од}}.$$

В терминах теории подобия последнее условие может быть выражено числом подобия, учитывающее отношение $\frac{\Delta P_{\text{ио}}}{\Delta P_{\text{ааи}}} = \frac{\Delta D}{H \cdot g \cdot \Delta \rho} = Sg$.

Это число действительно соответствует всем требованиям к числам подобия, а именно:

- оно является безразмерной величиной;
- оно выражает отношение однородных величин, являя собой относительное («нормированное») значение указанной физической величины.

Ближайшим аналогом ему является число Эйлера $Eu = \frac{\Delta P}{w^2 \cdot \rho}$, представляющее собой падение давления при движении среды, отнесенное к параметру, характеризующему это движение, а именно динамическому давлению, величина которая уже определялась ранее.

Отсутствие такого числа подобия, среди тех которые уже известны в специальной терминологии, говорит о том, что эта задача еще не решалась.

Далее рассмотрена проверка заявленной гипотезы и определена геометрия канала, в котором может быть реализовано явление стагнации за счет трения.

В работе были проведены расчеты, определяющие тепловые параметры явления, а также найдены геометрические характеристики конструкций, подавляющих движение. Результаты расчетов показали, что параметры явления вполне достижимы для целей торможения потока на вертикальной стенке печи.

Результаты работы будут использоваться для разработки конструкций и методик расчета новых теплоизолирующих конструкций.

Таким образом, вышесказанная гипотеза получает свое расчетное подтверждение. В работе были проведены расчеты, определяющие тепловые параметры явления, а также найдены геометрические характеристики конструкций, подавляющих движение. Результаты расчетов показали, что параметры явления вполне достижимы для целей торможения потока на вертикальной стенке печи.

Результаты работы будут использоваться для разработки конструкций и методик расчета новых теплоизолирующих конструкций.

Библиографический список

1. Глинков М.А. Общая теория тепловой работы печей: Учебник для вузов/ М.А. Глинков, Г.М. Глинков.- М.: Металлургия, 1990.- 232 с.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева.- М.: Энергия, 1973. – 320с.

3. Залкинд Е.М. Материалы обмуровок и расчет ограждений паровых котлов / Е.М. Залкинл. – М.: Энергия, 1972. - 184 с.
4. Казанцев Е.И. Промышленные печи / Е.И. Казанцев. – М.: Металлургия, 1964. – 451 с.
5. Механика жидкости и газа: Учебник для вызов / С.И. Аверин, А.Н. Минаев, В.С. Швыдкий и [др.] – М.: Металлургия, 1987. – 304 с.
6. Кутателадзе С.С. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое / С.С. Кутателадзе, А.И. Леонтьев. – М.: Энергия, 1972. – 344 с.

УДК 621.8.035

СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ЭЛЕМЕНТЫ ОСТЕКЛЕНИЯ ЗДАНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛУЧЕПОГЛОЩАЮЩИХ ГАЗОВ

Слажнева К. С.

Научный руководитель: к.т.н., проф. Стерлигов В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Энергосбережение объявлено одним из приоритетов модернизации экономики России, а уменьшения тепловых потерь через ограждения зданий и особенно остеклений, признано одним из важнейших направлений в этой проблеме.

В Сибирском государственном индустриальном университете на кафедре теплофизики и промышленной экологии была выполнена работа по изучению механизмов теплопередачи в пакетах оконного остекления. Аналитическое решение задачи касалось исследования условий протекания элементарных видов переноса теплоты – теплопроводность, конвекции и излучения.

Теплопроводность, по общему мнению, рассматривается как основной вид теплообмена. Основанием для этого служит мнение, что создание воздушных (газовых) прослоек с очень низким коэффициентом теплопроводности приводит к снижению потерь тепла.

Расчеты показали, что термическое сопротивление стекла ничтожно мало по сравнению с термическим сопротивлением газового слоя. Например, для двухкамерного пакета с воздушным заполнением при толщине стекла

$4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и $\lambda = 0,67 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$, $R_{cm} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{0,67} = 6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$. Для воздушного слоя

$c \cdot \delta_g = 14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ и $\lambda_g = 0,02 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}$, $R_g = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2}} = 7 \cdot 10^{-1} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$.

Разница составляет 2 порядка, что позволяет пренебречь тепловым сопротивлением стекла.

Из литературных источников известно, что чистая теплопроводность газовой прослойки существует только при выполнении условия $Gr \cdot Pr < 1000$. Если $Gr \cdot Pr > 1000$, то внутри прослойки могут развиваться конвективные токи, что увеличивает теплопередачу.

Расчеты показали, что критическая толщина газовой прослойки достаточно мала ($\delta_g = 7,9 \text{ мм}$ - воздух, $\delta_{Ar} = 9,4 \text{ мм}$ - аргон, $\delta_{CO_2} = 7,6 \text{ мм}$ - углекислота). Поэтому необходимо учитывать влияние конвекции, когда используется

$$\lambda_{\text{эKB}} = \lambda_{\text{газ}} \cdot \xi_{\text{конв}}, \quad (1)$$

где $\xi_{\text{конв}} = f(Gr, Pr)$ - усиливающий коэффициент, который зависит от состава газа и всегда $\xi_{\text{конв}} > 1$.

Все эти данные были использованы для расчета кондуктивно-конвективной составляющей, которая была равна $q_{\text{конв}} = 13,41 \text{ Вт/м}^2$ - воздух, 11,32 – аргон, 16,15 – углекислота. Расчеты были произведены при условии $\delta = 14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $\Delta t = 8^\circ \text{C}$, что в дальнейшем было подтверждено опытами.

Для лучепрозрачной среды (воздух, азот, аргон) при исследовании модели плоскопараллельных поверхностей при температурах $t_1 = 42^\circ \text{C}$ и $t_2 = 35^\circ \text{C}$ в опытах было определена величина теплового лучистого потока $q_{\text{луч}}$: воздух 48,6; аргон 48,6.

Сравнение величины тепловых потоков лучистого и кондуктивно-конвективного показывает преимущественное влияние лучистой составляющей теплообмена. Это видно по величине: $q_{\text{луч}}/q_{\text{кон}}$ воздух 48,6/13,41 = 3,6; аргон 48,6/11,32 = 4,3.

Вывод о значительной роли излучения привел к мысли о большей эффективности регулирования теплового сопротивления за счет излучения.

Для этой цели рассмотрена математическая модель излучения между двумя прослойками с лучепоглощающей средой. В результате была получена аппроксимирующая формула для определения приведенной степени черноты системы:

$$\varepsilon_{np} = \varepsilon_{1-2} \cdot (1 - \varepsilon_2), \quad (2)$$

на которой видно, что при $\varepsilon_2 > 0$, лучистый поток будет меняться.

Экспериментальная часть работы была выполнена для проверки выводов теоретического анализа. Установка содержала излучатель с регулируемой мощностью, исследуемый двухкамерный пакет размером 300*300 мм, заполненный воздухом, аргонном и углекислотой.

Статистическая обработка по результатам опытов с тройным дублированием показала однородность дисперсии. Анализ результатов привел к следующим выводам:

1. Доказано, что лучистая составляющая теплообмена имеет

предпочтительное влияние по сравнению с кондуктивно-конвективной составляющей;

2. Заполнение аргоном не дало заметного уменьшения тепловых потоков по сравнению с воздухом;

3. Заполнение углекислым газом привело к снижению тепловых потерь на 8-10%, что открывает необходимость в исследовании других поглощающих газов.

Библиографический список

1. Казанцев Е. И. /Промышленные печи. М.: Metallurgy, 1964, 451 с., ил.;
2. Михеев М. А. Основы теплопередачи/ М.А. Михеев, И. М. Михеева, М. Энергия, 1973, 319 с., ил.;
3. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена М. – Л. Матгиз., 1962, 455 с, ил.;
4. Мак. Адамс В./ Теплопередача, М. Metallurgy, 1961, 689 с., ил.

УДК 621.577

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Турлак Н.В.

**Научные руководители: к.т.н., доцент Михайличенко Т.А.,
к.т.н., профессор Стерлигов В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Практический интерес к тепловым насосам (ТН), проявившийся в последние годы, связан с возможностью утилизации низкопотенциальных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. При этом одновременно с задачей утилизации энергоресурсов использование ТН решает насущные задачи энергоснабжения конкретного производства, например, горячего водоснабжения и отопления, а также обеспечивает большую энергонезависимость и значительную экономическую выгоду и позволяет защитить окружающую среду, т.к. ТН не использует топливо и не производит вредных выбросов CO₂ в атмосферу.

Тепловой насос представляет собой установку, преобразующую низкопотенциальную возобновляемую энергию естественных источников теплоты или низкотемпературных вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) в энергию более высокого потенциала, пригодную для практического использования. ТН являются установками глубокой утилизации тепла.

Эффективность использования ТН определяется соотношением вырабатываемой тепловой и потребляемой электрической энергии, которое

называется коэффициентом трансформации. Эффективность ТН принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии K_{tr} , определяемого для идеального цикла Карно по следующей формуле:

$$K_{tr} = \frac{T_{out} - T_{in}}{T_{out}}$$

где T_{out} , T_{in} — температуры соответственно на выходе и на входе насоса. Здесь T_{out} -температурный потенциал тепла, отводимого в систему отопления или теплоснабжения, К; T_{in} -температурный потенциал источника тепла, К.

Коэффициент трансформации ТН, или теплонасосной системы теплоснабжения (ТСТ) K_{tr} представляет собой отношение полезного тепла, отводимого в систему теплоснабжения потребителю, к энергии, затрачиваемой на работу теплонасосной системы теплоснабжения, и численно равен количеству полезного тепла, получаемого при температурах T_{out} и T_{in} , на единицу энергии, затраченной на привод ТН или ТСТ.

Коэффициент полезного действия теплового насоса (COP) представляет собой отношение тепла на выходе «теплового резервуара» к потребляемой мощности. COP был создан для сравнения тепловых насосов по энергоэффективности. Для вычисления COP используется следующая формула [1]:

$$COP = \frac{Q_H}{W}$$

где Q_H — тепловая энергия резервуара;

W - потребляемая мощность, Вт.

Основными достоинствами применения теплонасосных технологий преобразования теплоты являются [3]:

- высокая энергетическая эффективность,
- экологическая чистота,
- надежность,
- комбинированное производство теплоты и холода в единой установке,
- мобильность,
- универсальность по тепловой мощности,
- универсальность по виду используемой низкопотенциальной энергии,
- полная автоматизация работы установки.

Энергетическая целесообразность применения тепловых насосов в качестве энергоисточников убедительно доказана результатами большого числа научных исследований и опытом эксплуатации миллионов ТН в промышленно развитых странах мира. В последние годы ТН стали широко применять на шахтах, животноводческих фермах и в пищевой промышленности.

Основной особенностью использования тепловых насосов в промышленности является наличие громадных источников потенциального тепла – технологическая вода, применяемая для охлаждения в различных технологических процессах, оборотная вода и т.п. Фактически,

в настоящее время это тепло сбрасывается в окружающую среду, в то время как его можно было бы использовать для отопления административных зданий предприятий, цехов, рабочих поселков, расположенных рядом с заводом, экономя тем самым значительные средства и улучшая социально-экономическую ситуацию в регионе [2].

Так, на одном из заводов была разработана схема применения ТН для отопления прилегающих административных зданий. Технологическая вода с температурой около 50 °С сбрасывалась в канализацию.

В разработанном варианте утилизации тепла технологическая вода подается в два теплообменника, где охлаждается до температуры 30С. Полученное тепло (вода с температурой 28С) транспортируется к месту использования с целью отопления зданий, где подается в ТН, который производит отопительную воду со средней температурой 53,5 °С.

Предложенный вариант хорош также тем, что при транспортировке теряется относительно небольшая часть тепла (вода с температурным графиком 28/24 °С). В описываемом случае можно было бы использовать все тепло, которое содержится в сбрасываемых стоках, однако у Заказчика не было необходимости отапливать большее количество зданий, поэтому предложенная схема извлекает наиболее доступное тепло из технологической воды.

Экономические показатели следующие. Коэффициент полезного действия (COP) тепловых насосов в этом режиме составляет 5,6. С учетом необходимой электрической мощности для циркуляционных насосов на прокачку теплоносителя коэффициент полезного действия всей системы составляет 5,2. Это означает, что на 1 кВт затраченной электрической энергии мы получаем 5,2 кВт тепла. Срок окупаемости установки ТН составляет 3,5 года.

Приведенные выше соображения позволяют предположить, что использование ТН может быть перспективным в такой отрасли, как черная металлургия, где проблемы утилизации тепла стоят очень остро. Но прежде, чем разрабатывать подобную схему применения ТН для утилизации низкопотенциальной энергии нужно ответить на ряд вопросов, а именно:

-Какие ресурсы могут быть постоянным источником низкопотенциальной энергии?

- Кто может являться постоянным потребителем?

Проблема утилизации тепла в черной металлургии имеет свою специфику: тепла для утилизации много, но поступает оно нерегулярно (например, тепло уходящих дымовых газов). В качестве постоянного источника тепла для горячего водоснабжения возможно использование технологической воды, которая имеет подходящую для этих целей температуру. Постоянным потребителем может быть система горячего водоснабжения административных зданий для нужд столовых, душевых и т.д. При этом следует иметь в виду, что использование ТН совсем не обязательно должно быть привязано к существующей схеме первичной утилизации ВЭР, например, в рекуператорах, регенераторах и т.д.

В настоящее время решение проблемы энергосбережения заявлено как одно из приоритетных направлений модернизации России. Использование тепловых насосов в самых разнообразных сферах деятельности человека является хорошей альтернативой традиционному энергопотреблению.

Библиографический список

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Тепловой_насос
2. Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. М., Красная звезда, 2006. - 220с.
3. Осадчий В. Тепловые насосы: перспективы и реальность // Строительство и недвижимость. 1997. №13.

УДК 536.022

ИНЖЕНЕРНАЯ ОБОБЩЕННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шадринцева Д.А.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Стерлигов В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Важнейшими задачами являются энергосбережение, уменьшение материалоемкости, увеличение производительности агрегата. Обустройство теплоизоляции теплотехнических агрегатов и систем является одним из наиболее распространенных способов решения проблемы энергосбережения.

К сожалению, в настоящее время отсутствуют точные сведения о теплопроводности специальных теплоизоляционных огнеупоров. Данные, представляемые производителями, зачастую искажены, так как там представлены «комплиментарные» завышенные значения. Поэтому в настоящее время важна разработка методики, позволяющей аналитическим способом определить теплопроводность огнеупорных изделий.

Простая инженерная методика позволит решать поставленные задачи проще, быстрее, с наименьшими затратами.

Такая методика должна давать оценку величины коэффициента теплопроводности λ теплоизоляционного материала на основе простейших замеров, которые могут быть произведены на месте. В нашем представлении такая методика должна основываться на связи $\lambda=f(\rho)$, где ρ – плотность материала.

В настоящей статье представлены результаты по созданию обобщенной методики определения коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов по литературным материалам [1, С. 49-54].

Первичные данные для трёх стран представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Литературные данные коэффициентов теплопроводности различных теплоизоляционных материалов [1, С. 49-54]

Страна-производитель	Марка	ρ , кг/м ³	λ , Вт/(м·°С)
Япония	LBK-20	0,47	0,130
	LBK-23	0,51	0,140
	A-2	0,46	0,130
	A-6K	0,68	0,180
	B-5H	0,85	0,200
	C1-E	1,35	0,400
	4-HB	1,42	0,470
США	K-16	0,35	0,180
	K-20	0,46	0,226
	K-23	0,50	0,226
	K-26	0,71	0,332
	ДЖМ-26	0,86	0,406
Франция	Savoie di-20	0,44	0,180
	Savoie di-23	0,47	0,185
	Savoie di-28	0,70	0,300
	Ref-750	0,72	0,360

Поскольку рассматриваемая методика аффинных преобразований связана с использованием геометрических образов, то эти данные показаны в виде графика $\lambda=f(\rho)$ на рисунке 1.

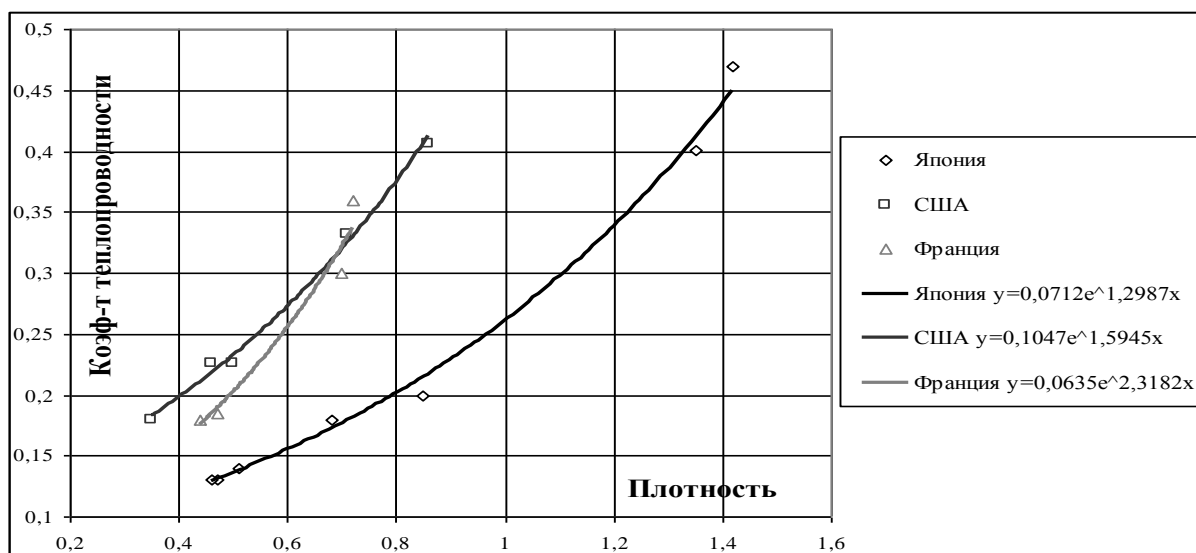


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности от плотности различных марок огнеупоров разных стран.

Полученные линии являют собой семейство кривых, содержащих частные зависимости $\lambda=f(\rho)$ [2, С. 24-26].

Результаты аффинных преобразований представлены в таблице 2, рисунке 2 со стандартным значением $\rho=1,0$.

Таблица 2 – Расчет показателей обобщенной модели теплопроводности теплоизоляционных материалов

Страна	Расчетный показатель	Значение показателя, Вт/(м·°С), при плотности материала, кг/м ³							
		0	0,2	0,4	0,7	0,8	1	1,3	1,4
Япония	λ_i	0,0712	0,0923	0,1197	0,1767	0,2012	0,2609	0,3852	0,4386
США		0,1047	0,1440	0,1981	0,3197	0,3749	0,5157	0,8321	0,9759
Франция		0,0635	0,1010	0,1605	0,3218	0,4057	0,6450	1,2930	1,6303
Япония	$\Delta\lambda_i$	0	0,0211	0,0485	0,1055	0,1300	0,1897	0,3140	0,3674
США		0	0,0393	0,0934	0,2150	0,2702	0,4110	0,7274	0,8712
Франция		0	0,0375	0,0970	0,2583	0,3422	0,5815	1,2295	1,5668
Япония	$\overline{\Delta\lambda_i}$	0	0,1113	0,2556	0,5562	0,6854	1,0000	1,6552	1,9367
США		0	0,0957	0,2273	0,5230	0,6574	1,0000	1,7696	2,1196
Франция		0	0,0644	0,1668	0,4441	0,5885	1,0000	2,1143	2,6944
Средняя	$\overline{\Delta\lambda_{ст}}$	0	0,0905	0,2166	0,5078	0,6438	1,0000	1,8463	2,2503

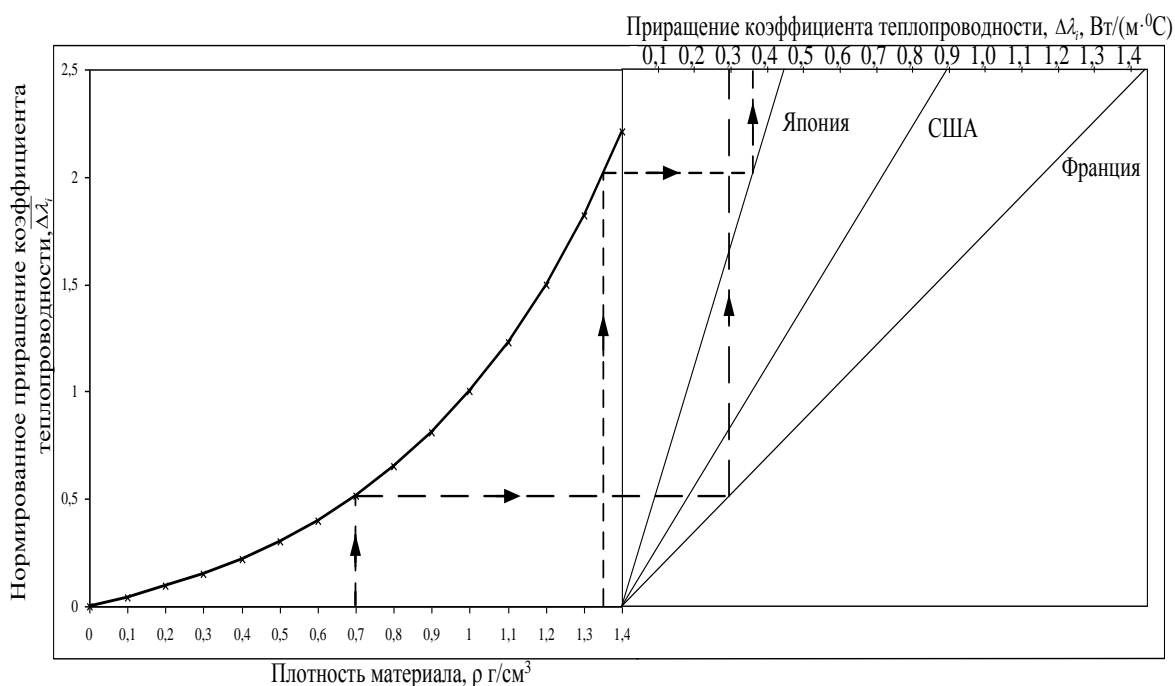


Рисунок 2 – Обобщенная зависимость для определения коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов.

Как видно из рисунка 2, получается единая зависимость $\overline{\Delta\lambda}_i = f(\rho)$, для разных материалов, что объясняется общим механизмом теплопереноса. Эта кривая построена по усреднённым значениям $\overline{\Delta\lambda}_i$, которые, как видно из таблицы 2, несколько отличаются от частных значений $\Delta\lambda_i$, что связано с точностью интерпретации и обработки. Безусловно, эти колебания означают некоторую неточность методики и исходных данных, но она всё же применима для оценки величины исследуемого параметра.

Для пользования обобщённой характеристикой при определении коэффициента теплопроводности необходимо совершение действий, обратных тем, которые производились при обработке результатов, что может быть выполнено и графическим методом.

Представленный в статье материал даёт новое средство для осуществления инженерными работниками своей деятельности в условиях отсутствия системной и объективной информации, что и составляет его практическую ценность.

Были проведены опыты на установке ЛКТТ-2 для легковесных огнеупоров. Опытные данные совпали с теоретическими данными, представленными в настоящей статье.

Библиографический список

1. Лурье М.А., Гончаренко В.П. Легковесные огнеупоры в промышленных печах. М., Металлургия, 1974. 240 с.
2. Стерлигов В.В., Михайличенко Т.А. Шадринцева Д.А.//Вестник СибГИУ. 2012. №2. С.24-26.

ПОЛНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ГУБЧАТОГО ЖЕЛЕЗА В ШАХТНОЙ ПЕЧИ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Серебренникова Т.Г.

Научные руководители: Аникин А.Е.,

д.т.н., доцент Волынкина Е.П.

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

Одним из перспективных и приоритетных направлений в современной черной металлургии является получение металлизированных продуктов непосредственно из исходного железорудного сырья или железосодержащих отходов, минуя агломерационный и доменный переделы. При этом частично металлизированные продукты могут весьма эффективно использоваться в доменном производстве, а полностью металлизированные продукты (губчатое или кричное железо) – непосредственно в сталеплавильных печах. Чаще всего губчатое железо применяют как высокочистую добавку к стальному лому, а также для замены лома в случае его дефицита или высоких цен.

Особенно актуальным как с экологической, так и с экономической точек зрения является использование в качестве сырья для получения губчатого железа железосодержащих отходов металлургических предприятий, таких, как прокатная окалина, пыли и шламы доменного и сталеплавильного производств и т.д. [1].

Основными процессами для производства губчатого железа являются газофазные процессы металлизации с применением шахтных печей (главным образом процессы «Мидрекс», ХиЛ-III) и реторт периодического действия (процессы ХиЛ-I, ХиЛ-II) [2, 3]. Кроме газофазных существует жидкофазные и твердофазные процессы металлизации [4, 5].

Помимо ресурсосбережения, в промышленности имеет огромное значение и энергосбережение. Промышленность, потребляющая около 50% расходуемого в стране топлива и 2/3 вырабатываемой электроэнергии, имеет большие потенциальные возможности по экономии энергоресурсов.

Одним из важных показателей энергетической эффективности производственного процесса является эксергия. Эксергия характеризует способность системы производить работу в условиях определенного термодинамического состояния окружающей среды, т.е. эта мера энергетических ресурсов, определяющая работоспособность веществ и энергии [6]. Эксергия бывает четырех видов: термомеханическая эксергия, концентрационная эксергия, химическая эксергия и эксергия потоков энергии [7, 8]. Эксергия почти столетие пребывала в забвении и только сейчас становится единой универсальной мерой полезности энергии, а эксергетический метод термодинамического анализа используется в качестве

научно-методической базы энергосбережения при изучении энергопотребления в инженерной практике [1].

Таким образом, определение потерь эксергии в различных звеньях любого технологического процесса позволяет выявить и количественно оценить причины низкого уровня энергоиспользования, получить информацию о возможностях повышения КПД данного процесса [9]. Эксергетический метод дает не только картину целевого потребления энергии всех видов и отражает степень совершенства технологических процессов, но и позволяет учитывать качественные различия подводимых видов энергии, правильно установить места и причины возникновения потерь эксергии, найти пути их устранения.

На основе эксергетического метода термодинамического анализа разработан инструмент исследований – полный топливно-энергетический баланс (ПТЭБ). Баланс дает возможность рассчитать эксергетический КПД исследуемых объектов по формуле [6, 9]:

$$\eta_{\text{эк}} = \frac{\sum E_{\text{пол}}}{\sum E_{\text{затр}}}, \quad (1)$$

где $\eta_{\text{эк}}$ – эксергетический КПД объекта;

$\sum E_{\text{пол}}$ – суммарная полезная эксергия объекта (расходная часть);

$\sum E_{\text{затр}}$ – суммарная затраченная эксергия объекта (приходная часть).

В приходную часть полного эксергетического баланса (ПЭБ) включаются эксергия сырья, материалов, топлива, полуфабрикатов, электроэнергии, теплоэнергии и других энергоносителей, т.е. вся затраченная эксергия на производство продукции. В расходную часть ПЭБ входит эксергия полученной продукции, вторичных горючих энергоносителей, химических продуктов, используемых отходов и ВЭР, т.е. вся полезная эксергия на получение продукции, используемых отходов и ВЭР.

Отношение суммарной полезной эксергии к суммарной затраченной эксергии определяет эксергетический КПД объекта. Общая величина потерь эксергии определяется по разнице между приходной и расходной частями ПЭБ [6, 9].

Предлагаемая нами технология получения губчатого железа (или частично металлизированных продуктов) из брикетированных железоуглеродистых композиций основана на их нагреве с помощью инертного газообразного теплоносителя в шахтной печи при температуре не ниже 850-900 °С в течение 2-3 часов (согласно данным лабораторных экспериментов).

В нашей работе мы составили эксергетическим методом полный энергетический баланс процесса получения губчатого железа в шахтной печи методом твердофазного восстановления (таблица 1). Для этого была определена удельная химическая эксергия, тепловая эксергия и потери

тепловой эксергии материалов, участвующих в технологическом процессе: железосодержащей составляющей сырья, буроугольного полукокса (БПК), газа установки сухого тушения кокса (УСТК), губчатого железа и колошникового (отходящего из шахтной печи) газа.

Таблица 1 – Полный энергетический баланс эксергетическим методом процесса получения губчатого железа в шахтной печи методом твердофазного восстановления

Статьи баланса	Количество, т/год (тыс.м ³ /год)	Удельная химическая эксергия, кДж/кг (кДж/м ³)	Химическая эксергия E _x , ТДж/год	Тепловая эксергия E _q , ТДж/год	Полная эксергия ΣE, ТДж/год	%
Приход						
1 Железородная часть сырья	542 520	547,00	296,758	0,289	297,047	3
2 БПК	122 333	27 956,00	3 419,941	0,108	3 420,049	36
3 Газ УСТК	855 360	6 703,31	5 735,553	0,635	5 736,188	61
Итого приход:	–	–	9 452,252	1,032	9 453,284	100
Расход						
1 Губчатое железо	396 000	6 962,66	2 757,213	59,680	2 816,893	32
2 Колошниковый газ	950 400	6 165,50	5 859,691	0,357	5 860,048	68
Итого расход:	–	–	8 616,904	60,037	8 676,941	100

На основании полученных данных по формуле (1) был рассчитан эксергетический КПД, который составил 91,8 %. Данное значение КПД указывает на высокую эффективность использования энергии, так как потери эксергии во всем технологическом процессе составляют лишь 8,2%.

Библиографический список

1. Изучение восстановительных свойств буроугольного полукокса и получение углерод-минеральных композиций на его основе для металлургического использования: Отчет о НИР (итоговый) / Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ); рук. А.Е. Аникин. – Новокузнецк, 2010. – 79 с. – № ГР 01201151326.

2. Юсфин Ю.С. Новые процессы получения металла / Ю.С. Юсфин, А.А. Гиммельфарб, Н.Ф. Пашков. – М.: Металлургия, 1994. – 320 с.

3. Методы получения губчатого железа // Findpatent – поиск патентов и изобретений [Электронный ресурс] / режим доступа: <http://findpatent.ru> – 15.02.2013.

4. Способы прямого получения железа // do.gendocs – учебное пособие Санкт-Петербург Издательство спбгпу 2003 [Электронный ресурс] / режим доступа: <http://do.gendocs.ru> – 07.10.2013.

5. Кудрявцев В.С. Использование некоксуемых углей в черной металлургии/ В.С. Кудрявцев, С.А. Пчелкин. - М.: Металлургия, 1981. -168 с.
6. Шаргут Я. Эксергия/ Я. Шаргут, Р. Петела. – М.: Энергия, 1968. – 284 с.
7. Калекин В.С. Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии / В.С. Калекин. – 2-е изд., исправл. – Омск: ОмГТУ, 2006. – 91 с.
8. Бродянский В.М. Эксергетический метод и его приложения/ В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 320 с.
9. Расчет полного энергетического баланса металлургических процессов эксергетическим методом: метод. указ. / Сост.: Е.П. Волынкина, А.Е. Аникин. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2013. – 78 с.

УДК 621.74

ПОВЫШЕНИЕ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ И РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

**Деев В.Б., Пономарева К.В., Юдин А.С.,
Воробьева Д.В., Судаков В.Н.**

Научный руководитель: д.т.н., профессор Селянин И.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Одним из перспективных способов получения малогабаритных отливок является литье по газифицированным моделям (ЛГМ) [1, 2]. В Российской Федерации данная технология преимущественно используется для литья черных сплавов, однако в последние годы наблюдается тенденция по ее широкому применению для получения отливок из алюминиевых сплавов [3, 4]. В качестве существенных достоинств литья алюминиевых сплавов по газифицируемым моделям можно выделить следующие:

- возможность получения малогабаритного и тонкостенного литья;
- возможность получения отливок с заданной размерной точностью и требуемой чистотой поверхности.

Одним из основных технологических факторов процесса, влияющих на качество отливок при ЛГМ, является формовка модельных блоков. Главные аспекты в процессе формовки: способ передачи вибрации и способ засыпки сухого кварцевого песка в литейную форму.

В настоящее время широко используются вибростолы различных модификаций, позволяющие реализовать различные способы засыпки песка в процессе формовки. Важным преимуществом вибростолов является их использование при крупносерийном производстве отливок в составе

автоматических линий ЛГМ-процесса. Недостатки при применении вибростолов: недоуплотнение верхних слоев формы, необходимость использования вибраторов большой мощности, возможное коробление и разрушение модельных блоков.

В условиях мелкосерийного производства и при большой номенклатуре отливок целесообразным будет использование литейных опок с непосредственно закрепленными на них вибраторами, что позволяет в определенной мере решить недостатки, характерные при использовании вибростолов.

Что касается засыпки песка в опоку, то ее можно осуществлять послойно или одновременно. Главным недостатком послойной формовки является недоуплотнение верхних и переуплотнение нижних слоев литейной формы, приводящих к различным литейным проблемам (в верхних слоях – размыв формы, а в нижних - снижение газопроницаемости). Одновременное заполнение формы песком позволяет избежать вышеуказанных дефектов.

Реализация различных способов формовки при ЛГМ-процессе была проведена в условиях ООО «НПП Вектор Машиностроения» при получении малогабаритного и тонкостенного литья (на примере отливки «Крышка корпуса газоанализатора» из сплава АК7).

Для изготовления моделей использовался полистирол фирмы STYROCHEM. Готовые модельные блоки (4 «куста» по 8 моделей) с помощью специального устройства помещали вертикально в подвешенном состоянии в опоку размером 700x700x700. Устройство для вертикального размещения модельных блоков состояло из передвижной станины, вертикальной стойки, горизонтальной стойки и передвижной рейки. Засыпку песка в опоку проводили послойно и одновременно с ее вибрацией. При этом вибрацию осуществляли по двум вариантам: 1. На вибростоле (2 электрических вибратора мощностью 3000 об/мин) с размещенной на нем опок; 2. На опоке посредством закрепленных на ней 2 электрических вибраторов мощностью 3000 об/мин. Частота вибрации составляла ~ 36 Гц. Затем опоку накрывали пленкой, размещали заливочное устройство (состоящее из горизонтальной рамки с пазами и двух цилиндрических емкостей, устанавливаемых через пазы в рамку), вакуумировали литейную форму и производили заливку расплава. После охлаждения осуществляли выбивку отливок, опиловку, зачистку (пескоструйно) и оценку качественных показателей литья – оценивали чистоту поверхности и размерную точность отливок (по существующим на предприятии критериям). Если в одной серии в 4 «кустах» из 32 отливок более 3 отливок суммарно или по отдельности не удовлетворяли тому или иному требуемому показателю, то способ формовки считался «неэффективным».

Сравнительная характеристика влияния способов формовки на качественные показатели отливок в ходе проведения нескольких серий производственной апробации представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние способов формовки на качество отливок

Способ формовки		Показатели (по 5 сериям каждого варианта формовки)		Заключение по способу формовки
Технология вибрации	Засыпка песка в опоку	Чистота поверхности	Размерная точность	
Опока на вибростоле (вариант 1)	послойно	неудовлетворительная	не соответствует	неэффективный
	одновременно	удовлетворительная	соответствует	эффективный
Опока с закрепленными на ней вибраторами (вариант 2)	послойно	удовлетворительная	не соответствует	неэффективный
	одновременно	удовлетворительная	соответствует	эффективный

Результаты показывают (таблица 1), что реализация способа формовки с вибраторами, закрепленными на опоке, при одновременной засыпке песка позволила добиться наилучших результатов – полного исключения коробления моделей и получения практически у всех отливок требуемых размерной точности и (или) чистоте поверхности. Из 160 отливок (5 серий х 32 шт.) лишь 5 не соответствовали требуемым критериям).

При реализации способа формовки в опоке с вибрацией на вибростоле при одновременной засыпке песка, несмотря на весьма хорошие качественные показатели отливок, было выявлено суммарно 16 отливок (из 160 отливок со всех 5 серий), не соответствующих требуемым размерной точности и (или) чистоте поверхности.

Существенное значение на качество отливок оказывает плотность полистироловых моделей. Этому следует уделять серьезное внимание в промышленных технологиях литья.

Выводы: Показано, что способ формовки может оказывать существенное влияние на качество отливок из алюминиевых сплавов. В рассматриваемых производственных условиях наилучшим качественным показателям отливок по размерной точности и чистоте поверхности способствовала реализация способа формовки с вибраторами, закрепленными на опоке, при одновременной засыпке песка.

Библиографический список:

1. Шуляк В.С. Литьё по газифицируемым моделям. — СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.
2. Рыбаков С.А. Инновационные возможности литья по газифицируемым моделям, состояние и перспективы этого метода в России // Литейщик России. № 4. 2009. С. 44, 45.
3. Граблев А.Н. Гидромеханика литейной формы при литье по газифицируемым моделям алюминиевых сплавов: Дис...канд. техн. наук. – МГИУ, 2002.
4. Эффективные способы модифицирования структуры литейных

сплавов / В.Б. Деев, К.В. Пономарева, А.В. Прохоренко и др. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сборник научных трудов. Вып. 31. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2013. С. 44–48.

УДК 621.74

ПЕРЕГРЕВ РАСПЛАВОВ И СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВЫХ ОТЛИВОК ПРИ ЛИТЬЕ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

**Деев В.Б., Пономарева К.В., Прохоренко А.В.,
Воробьева Д.В., Алхимов В.Н.**

Научный руководитель: д.т.н., профессор Селянин И.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Технологию литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) в настоящее время можно отнести к одному из эффективных и перспективных способов получения высококачественных тонкостенных отливок, обладающих заданной размерной точностью, требуемой чистотой поверхности и другими свойствами [1, 2]. Все более широкое распространение данная технология находит при производстве алюминиевых изделий.

Технологический процесс литья по газифицируемым моделям весьма сложен и включает достаточно много операций, начиная от подготовки полистирола и заканчивая выбивкой отливок.

Следует отметить, что технология плавки и состояние расплава перед заливкой в литейные формы может оказать значительное влияние на качество получаемого литья. Особенно это весьма актуально при реализации ресурсосберегающих технологий, когда используется повышенное количество вторичных материалов в шихте [3 – 6]. Однако в технологиях ЛГМ вопросам технологии плавки уделяется недостаточное внимание. А все усилия технологов сконцентрированы, как правило, на проблемах, связанных с технологией литейной формы – процессах изготовления моделей, модельных блоков и литниковой системе, размещению «кустов» в опоках, формовке, вакуумированию, заливке и т.д.

Между тем, применение при плавке повышенного количества вторичных материалов в шихте даже при стабильном течении технологического процесса может приводить к пористости, неспаям и другим видам литейных дефектов и брака, что значительно снижает механические и эксплуатационные свойства алюминиевого литья.

Технология плавки в этом случае должна включать эффективные приемы обработки расплава, такие как термовременная обработка по оптимальным температурным режимам и рафинирование [5], а также оптимальную температуру заливки в литейные формы. К сожалению,

температуры перегрева и заливки, и способ рафинирования определяются индивидуально в каждом конкретном случае и зависят от типа производства, плавильного агрегата, марки получаемого сплава, габаритов и массы будущей отливки, «сложности» литейной формы и других факторов. Следует признать, что в результате всего перечисленного процесс получения изделий требуемого качества усложняется с инженерной точки зрения. Тем не менее, разработка эффективной технологии плавки алюминиевых сплавов при ЛГМ является целесообразным.

В данной работе приведены результаты исследования влияния температурных режимов плавки и заливки сплава АК7 на качество герметичных отливок «Крышка корпуса газоанализатора», полученных литьем по газифицируемым моделям в условиях ООО «НПП Вектор Машиностроения».

Шихтовые материалы включали: чушковый силумин АК7 (10...15 %), возврат и отходы сплава АК7 (около 85...90 %). Плавку проводили в печи ИСТ-0,16. Варьировали температуру перегрева расплава в разных плавках от 800 до 1000 °С с шагом ~ 50 °С. Время выдержки расплава при температуре перегрева во всех вариантах составляло 5...6 мин. Температура заливки расплава в зависимости от варианта плавки варьировалась от ~ 800 до ~ 900 °С. Заливку в литейную форму осуществляли через ССФ-0,6.

При изготовлении газифицируемых моделей использовался полистирол фирмы STYROCHEM. Готовые модельные блоки (4 «куста» по 8 моделей) с помощью специального устройства помещали вертикально в подвешенном состоянии в опоку размером 700x700x700. Устройство для вертикального размещения модельных блоков состояло из передвижной станины, вертикальной стойки, горизонтальной стойки и передвижной рейки. Засыпку песка в опоку проводили одновременно с ее вибрацией, которую осуществляли на опоке посредством закрепленных на ней 2 электрических вибраторов мощностью 3000 об/мин. Частота вибрации составляла ~ 36 Гц. Затем опоку накрывали пленкой, размещали заливочное устройство (состоящее из горизонтальной рамки с пазами и двух цилиндрических емкостей, устанавливаемых через пазы в рамку), вакуумировали литейную форму и производили заливку расплава. После охлаждения осуществляли выбивку отливок, опиловку, зачистку (пескоструйно). Для выявления качественных показателей литья по существующим на предприятии критериям оценивали чистоту поверхности и размерную точность отливок.

Если в одной серии в 4 «кустах» из 32 отливок более 3 отливок суммарно или по отдельности не удовлетворяли тому или иному требуемому показателю, то вариант перегрева и заливки считался «неэффективным» для данной технологии. Если в каком-либо варианте в любой серии наблюдался недостаточный «прожог» пенополистирольного модельного блока в любой его части, то вариант технологии относили к «неэффективным». Кроме того, если в в каком-либо варианте в любой серии из случайной выборки 10

годных отливок хотя бы 1 отливка имела по пористости балл выше 3-го (определенный по методике ВИАМ согласно ГОСТ 1583-93), то этот вариант технологии также считался «неэффективным».

Влияние температуры перегрева ($T_{\text{ПЕР}}$) и заливки ($T_{\text{ЗАЛ}}$) расплава на качественные показатели отливок в ходе проведения нескольких серий производственной апробации показано в таблице 1.

Экспериментальные результаты показывают (таблица 1), что из 12 вариантов технологии плавки и заливки расплава эффективными являются варианты 5 и 8.

Следует отметить, что варианты 2 и 7 по показателям размерной точности и чистоте поверхности удовлетворяет необходимым требованиям, но не соответствует по показателям пористости. Это, по-видимому, связано с тем, что достаточно высокие температуры плавки и заливки положительно влияют на изменение уровня микронеоднородности расплава, но приводят к повышению содержанию водорода и неметаллических включений в расплаве и не позволяют реализовать эффективные существующие способы рафинирования расплава флюсами. А применяемая технология рафинирования расплава через стеклоткань (ССФ-0,6) не обеспечивает необходимой очистки расплава от неметаллических включений и газов, что и приводит к пористости выше 3-го балла.

Таблица 1 – Влияние температуры перегрева и заливки расплава на качество отливок

Температуры перегрева и заливки			Качественные показатели (по 3 сериям каждого варианта технологии плавки и заливки)		Недостаточный прожог и (или) пористость	Заключение по технологии
Вариант	$T_{\text{ПЕР}}$, °С	$T_{\text{ЗАЛ}}$, °С	Чистота поверхности	Размерная точность		
1	990...1000	870...880	неудовлет.	удовлет.	есть	неэффективная
2		820...830	удовлет.	удовлет.	есть	неэффективная
3		780...790	неудовлет.	неудовлет.	есть	неэффективная
4	940...950	870...880	удовлет.	неудовлет.	есть	неэффективная
5		820...830	удовлет.	удовлет.	нет	эффективная
6		780...790	неудовлет.	неудовлет.	есть	неэффективная
7	880...890	870...880	удовлет.	удовлет.	есть	неэффективная
8		820...830	удовлет.	удовлет.	нет	эффективная
9		780...790	неудовлет.	неудовлет.	есть	неэффективная
10	830...840	820...830	удовлет.	удовлет.	есть	неэффективная
11		780...790	неудовлет.	неудовлет.	есть	неэффективная
12	790...800	780...790	неудовлет.	неудовлет.	есть	неэффективная

Что касается *варианта 10*, то следует отметить, что несмотря на удовлетворительные показатели по размерной точности и чистоте поверхности отливок, также наблюдается повышенная пористость исследуемых образцов. Очевидно, это связано с тем, что в этом варианте технологии применяется недостаточная высокая температура перегрева расплава, которая не позволяет нивелировать нежелательное влияние на качество литья повышенного количества используемых при плавке вторичных материалов.

Таким образом, наиболее оптимальным вариантом в данных технологических условиях является *вариант 8*, при котором $T_{\text{ПЕР}}$ составляет $\sim 880\dots 890$ °С, а $T_{\text{ЗАЛ}}$ составляет $\sim 820\dots 830$ °С. *Вариант 5*, при тех же положительных показателях качества литья, имеет б'ольшую температуру перегрева расплава по сравнению с *вариантом 8*, что будет экономически более затратно.

Выводы: Выявлено, что при реализации ресурсосберегающей технологии получения сплава АК7 литьем по газифицируемым моделям наиболее эффективными в рассматриваемых производственных условиях являются следующие режимы плавки и литья, обеспечивающие наилучшие качественные показатели герметичных отливок по размерной точности и чистоте поверхности: температура перегрева расплава – $880\dots 890$ °С, температура заливки в литейную форму – $820\dots 830$ °С.

Библиографический список:

1. Шуляк В.С. Литьё по газифицируемым моделям. — СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.
2. Рыбаков С.А. Инновационные возможности литья по газифицируемым моделям, состояние и перспективы этого метода в России // Литейщик России. № 4. 2009. С. 44, 45.
3. Никитин В.И. Наследственность в литых сплавах / В.И. Никитин, К.В. Никитин. – М: Машиностроение-1, 2005. – 510 с.
4. Деев В.Б. Об использовании физических модифицирующих воздействий при литье Al-сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.П. Мочалов [и др.] // Литейное производство. 2012. № 5. С. 16–18.
5. Деев В.Б. Получение герметичных алюминиевых сплавов из вторичных материалов. – М.: Флинта: Наука, 2006. – 218 с.
6. Деев В.Б. Оценка эффекта температурной обработки расплавов методом термоЭДС / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, В.Ф. Горюшкин [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 4. С. 41–43.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВОВ ПРИ ЛИТЬЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

**Деев В.Б., Пономарева К.В., Цепорина С.А.,
Прохоренко А.В., Воробьева Д.В.**

Научный руководитель: д.т.н., профессор Селянин И.Ф.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В производственных условиях для снижения микронеоднородности металлических расплавов при использовании низкосортной шихты применяют различные виды высокотемпературных перегревов. Однако достигнутое более однородное состояние расплава является обратимым и очень часто в промышленных технологиях литья оно может быть утеряно до момента заливки литейных форм. В основном, это связано с большим технологическим запаздыванием проводимых процессов.

Высокотемпературный тип структуры ближнего порядка расплава можно зафиксировать его быстрым охлаждением перед заливкой путем термоскоростной обработки (ТСО). Эффект ТСО связан с тем, что скорость структурных превращений в жидкой фазе достаточно низкая, несмотря на сравнительно большие скорости процессов диффузии, поэтому быстрое охлаждение расплава может в значительной степени подавлять трансформацию кластеров.

Термоскоростная обработка расплава оказывает эффективное модифицирующее влияние на алюминиевые сплавы [1 – 3]. Получение мелкозернистой структуры алюминиевых сплавов с помощью ТСО является важным резервом повышения механических свойств отливок.

В последние годы отмечены [3 – 5] многочисленные положительные эффекты влияния мелкозернистого возврата на свойства получаемых алюминиевых сплавов при различных добавках в расплав. Такие добавки (в количестве от 5 до 100 %) использовались либо как затравочные перед разливкой расплава, либо сразу загружались в печь вместе с основной шихтой. При этом механические, литейные и служебные свойства сплавов значительно улучшались.

Таким образом, проблему ускоренного охлаждения расплава после высокотемпературного перегрева (и выдержки) до температуры рафинирования или заливки в литейные формы (с целью фиксации эффекта перегрева) можно решать с помощью добавок мелкозернистого возврата, соответствующего составу получаемого сплава, то есть – реализовать термоскоростную обработку (ТСО). Увеличение скорости охлаждения расплава происходит за счет того, что добавки мелкозернистых материалов выступают в качестве плавящихся микрохолодильников; а также создают

модифицирующий эффект, внося большое количество потенциальных центров кристаллизации (микронеоднородностей меньших масштабов и активированных нерастворимых примесей). В качестве мелкозернистого возврата целесообразно использовать как специально приготовленную шихтовую заготовку, так и отходы и возврат кокильного литья. Также в качестве добавок твердой шихты для охлаждения расплава можно применять чушковые сплавы, соответствующие получаемым по химическому составу.

В статье приведены результаты исследования влияния термоскоростной обработки расплава на механические свойства тонкостенных корпусных отливок из алюминиевых сплавов АК7, АК12, АК9М2 (ГОСТ 1583-93), полученных литьем по газифицируемым моделям в условиях ООО «НПП Вектор Машиностроения».

При реализации ресурсосберегающей технологии шихтовые материалы включали для каждой марки исследуемых сплавов: чушковые сплавы (около 10...15 %), возврат и отходы аналогичного состава (около 85...90 %). Плавки проводили в печи ИСТ-0,16. ТСО заключалась в следующем: расплавляли возврат и отходы, расплав перегревали до 980...1000 °С и выдерживали около 5...6 мин; далее расплав охлаждали до температуры 880...890 °С первой (предварительно теплофизически рассчитанной и апробированной экспериментально в лабораторных условиях) порцией чушкового сплава; после проводили охлаждение расплава до температуры заливки 820...830 °С второй (также предварительно рассчитанной) порцией чушкового сплава. Рафинирование осуществляли через ССФ-0,6 при заливке в литейную форму.

При изготовлении газифицируемых моделей для будущих отливок и образцов для исследования механических свойств использовался полистирол фирмы STYROCHEM. Готовые модельные блоки с помощью специального устройства помещали вертикально в подвешенном состоянии в опоку размером 700x700x700. Устройство для вертикального размещения модельных блоков состояло из передвижной станины, вертикальной стойки, горизонтальной стойки и передвижной рейки. Засыпку песка в опоку проводили одновременно с ее вибрацией, которую осуществляли на опоке посредством закрепленных на ней 2 электрических вибраторов мощностью 3000 об/мин. Частота вибрации составляла ~ 36 Гц. Затем опоку накрывали пленкой, размещали заливочное устройство (состоящее из горизонтальной рамки с пазами и двух цилиндрических емкостей, устанавливаемых через пазы в рамку), вакуумировали литейную форму и производили заливку расплава. После охлаждения осуществляли выбивку отливок, опиловку, пескоструйную зачистку. Механические свойства изучали на образцах (согласно ГОСТ 1583-93), изготовленных из залитых по газифицируемым моделям проб.

Влияние технологии ТСО на механические свойства сплавов АК7, АК12, АК9М2 показано в таблице 1. Также приведены механические свойства сплавов, полученных по существующей на предприятии технологии плавки, которая заключалась в том, что высокотемпературный

перегрев не проводили, а перегревали расплавы только до 880...890 °С, при этом до температуры заливки (820...830 °С) расплав охлаждался вместе с печью. Заливку в литейную форму также осуществляли через ССФ-0,6.

Согласно таблице 1, механические свойства образцов у всех исследуемых сплавов после ТСО, по сравнению со сплавами, полученными по существующей технологии, повысились (в среднем): временное сопротивление разрыву σ_B – на 14...22 %, относительное удлинение δ – на 32...75 %.

Таблица 1 – Влияние технологии плавки на механические свойства образцов из алюминиевых сплавов, полученных литьем по газифицируемым моделям

Технология плавки	Сплав	Механические свойства литых образцов	
		σ_B , МПа	δ , %
Существующая	АК7	174...185	2,2...2,6
ТСО		203...210	3,3...3,5
Существующая	АК12	181...190	4,1...4,5
ТСО		214...220	6,7...7,2
Существующая	АК9М2	200...207	1,5...1,8
ТСО		227...233	2,1...2,3

Внедрение технологии ТСО в условиях ООО «НПП Вектор Машиностроения» при выплавке сплавов АК7, АК12, АК9М2 и изготовлении тонкостенного корпусного литья по газифицируемым моделям позволило получить за счет снижения (до 10...15 % в завалке) расхода чушковых материалов существенный экономический эффект.

Достоинством технологии ТСО является то, что она может успешно применяться в литейных и машиностроительных цехах при плавке алюминиевых сплавов для отливок, получаемых различными способами литья (в песчаные формы, в кокиль, по газифицируемым моделям и др.). При этом за счет модифицирующего эффекта данной обработки обеспечивается повышение комплекса механических и служебных свойств литых изделий. При реализации предлагаемой технологии в шихте возможно использовать до 90 % вторичных материалов собственного производства. Недостатком технологии ТСО является то, что оптимальные режимы перегрева и количество добавляемой твердой мелкозернистой шихты необходимо определять экспериментально в каждом конкретном случае производства. И кроме того, не все плавильные агрегаты, применяемые при производстве алюминиевых отливок, могут обеспечить требуемые температуры перегрева расплава.

Выводы: Разработана и реализована в производственных условиях ресурсосберегающая технология получения алюминиевых сплавов для

корпусного тонкостенного литья по газифицируемым моделям, включающая термоскоростную обработку расплава. Технология способствовала повышению уровня механических свойств отливок.

Библиографический список:

1. Ри Хосен Влияние структурных превращений в алюминиевых расплавах на их свойства / Ри Хосен, Е.М. Баранов // Литейное производство. 1986. № 11. С. 12, 13.
2. Деев В.Б. Ресурсосберегающая технология получения литейных алюминиевых сплавов / В.Б. Деев, В.А. Дегтярь, А.И. Куценко [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. 2007. № 12. С. 33–36.
3. Никитин В.И. Наследственность в литых сплавах / В.И. Никитин, К.В. Никитин. – М: Машиностроение-1, 2005. – 510 с.
4. Деев В.Б. Получение герметичных алюминиевых сплавов из вторичных материалов / В.Б. Деев. – М.: Флинта: Наука, 2006. – 218 с.
5. Деев В.Б. Об использовании физических модифицирующих воздействий при литье Al-сплавов / В.Б. Деев, И.Ф. Селянин, С.П. Мочалов [и др.] // Литейное производство. 2012. № 5. С. 16–18.

УДК 622.6

БУДЕТ ЛИ ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЯ В НОВОКУЗНЕЦКЕ?

Шалагина У.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Галевский Г. В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Целью данной работы является анализ перспектив сохранения и развития производства алюминия в Кузбассе.

В настоящее время алюминий является самым востребованным среди цветных металлов - его мировое потребление превышает 40 млн. т в год. Несмотря на кризис, прирост потребления алюминия в 2010 г. составил около 7,0 %. Основными конечными потребителями алюминия в мире являются следующие секторы экономики: отрасли, производящие транспортные средства (автомобили, железнодорожный транспорт, самолеты, скоростные суда и паромы и т.д.) и те, в которых в последнее время отмечается самый большой экономический рост (ежегодный прирост за последние годы составил 6,1%): строительство; производство разнообразных твердых и мягких упаковочных материалов и электротехнического оборудования [1].

Производство алюминия на территории Российской Федерации сосредоточено на 12 заводах. Из них 4 находятся в европейской части, 2 - на Урале и 6 - в Западной и Восточной Сибири.

Новокузнецкий алюминиевый завод (НкАЗ, в н. в. «РУСАЛ - Новокуз-

нецк») был пущен в эксплуатацию 7 января 1943 г. (электролизный цех № 1, 1-я промплощадка). Мокрая газоочистка обеспечивает частичное обеспыливание и обезвреживание отходящих технологических газов. В 2009г. завод достиг рекордного объема производства – 318 тыс. т алюминия. В этом объеме 87 % составляет обычный чушковой алюминий и только 13 % - сплавы.

При оценке значения и роли алюминиевого завода для Новокузнецка, по-видимому, необходимо учитывать следующие факторы:

- по оценкам социологов, жизнь примерно 75 тыс. горожан прямо или косвенно связана с алюминиевым заводом, что подтверждает его высокий градообразующий статус;

- алюминиевый завод постоянно реализует ряд ориентированных на город социальных программ;

- алюминиевый завод формирует определенную достаточно стабильную налогооблагаемую базу;

- алюминиевый завод представляет для города и региона значительную экологическую угрозу.

В таблице 1 приведены абсолютные выбросы основных вредностей, генерируемых производствами завода. Можно видеть, что суточные выбросы превышают 130 т. Следовательно, алюминиевый завод представляет собой концентрированный очаг выбросов в атмосферу токсичных веществ, в т.ч. канцерогенного и мутагенного действия. Экологическая ситуация усугубляется еще и тем, что завод находится в пределах городской черты и осуществляет свою деятельность фактически в условиях слияния промышленной и жилой зоны, хотя и располагает санитарно-защитной зоной 1 класса (не менее 1000 м от крайних источников загрязнения). Такое предприятие может функционировать только в условиях чрезвычайно либерального экологического законодательства и щадящих его инструкций по определению состава и объемов выбросов, рожденных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору [2].

Таблица 1 – Абсолютные и относительные выбросы Новокузнецкого алюминиевого завода в окружающую среду

Наименование выбросов	т/сутки	кг/т А1	кг/т А1*
Твердая <i>пыль</i>	55,2	63,4	2,0
Диоксид серы SO ₂	2,3	2,7	
Диоксид углерода	75,0	86,0	
Фтористые соединения	4,6	5,3	1,0
ПАУ (БаП)**	0,05	0,06	0,015
Всего	37,15	157,47	
* Международные согласованные стандарты по выбросам алюминиевой промышленности			
** Бенз(а)пирен			

В связи со сложившейся экологической ситуацией, задачей руководства завода является проведение мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ. То есть, необходима реконструкция Новокузнецкого алюминиевого завода, и после нее он должен представлять собой современное, экологически безопасное предприятие.

В 2012-2018 годах завод планирует провести реконструкцию НкАЗ-2, в соответствии с «Планом мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ». Основные мероприятия плана: замена электролизеров типа С-2, С-3 в корпусах № 7, 8, 9, 10 на электролизеры с обожженными анодами, строительство «сухой» газоочистки. В настоящее время «План мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ ОАО «РУСАЛ - Новокузнецк» с целью достижения нормативов ПДВ», выполнение которого позволит достичь предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосфере на границе санитарно-защитной зоны, находится на согласовании в Департаменте природных ресурсов и экологии по Кемеровской области [3].

В соответствии с этим планом, основу реконструкции завода должны составить следующие мероприятия:

1) Вывод из эксплуатации электролизеров с боковым токоподводом на 1-ой промплощадке. Эти электролизеры были спроектированы и введены в эксплуатацию более 60 лет назад, и к настоящему времени морально и физически устарели. Значительная часть технологических операций, особенно по обслуживанию анода, производится вручную в крайне неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях. Выполнение многих операций по транспортировке грузов затруднено из-за крайне низкой грузоподъемности мостовых кранов. Здания корпусов основательно обветшали и в них невозможно установить более мощные агрегаты из-за малых размеров. Электролизеры с анодом Содерберга и боковым подводом тока в дальнейшем использовать нецелесообразно из-за низкой производительности труда, весьма тяжелых санитарно-гигиенических условий для персонала, высоких затрат на вентиляцию, сбор и очистку отходящих газов.

2) Реконструкция мощностей 2-ой промплощадки, проводимая с целью обеспечения экологической безопасности производства и улучшения его технико-экономических показателей, повышения производительности, снижения энергопотребления и др. В основе реконструкции должен быть переход от технологии электролиза с анодом Содерберга с верхним токоподводом к технологии с обожженными анодами, использование и частичное восстановление зданий электролизных корпусов и преобразовательных подстанций, сохранение расположения продольных осей электролизеров, мокрой системы очистки отходящих газов. Это позволит в электролизных корпусах № 7, 8, 9, 10 вывести электролизеры типа С-3 на силу тока 140 кА и на их месте установить электролизеры с обожженными анодами на силу тока 175-180 кА. В корпусах № 11 и 12

вместо электролизеров типа С-8БМ на силу тока 170 кА установить электролизеры с обожженными анодами на силу тока 220-225 кА. По завершению реконструкции мокрую систему очистки отходящих газов желательнее заменить на сухую.

Такая реконструкция позволит обеспечить производительность завода по первичному алюминию на уровне 250-260 тыс. т/год. При этом по основным экологическим показателям реализуемая технология будет соответствовать международным согласованным стандартам для алюминиевой промышленности и будут прекращены выбросы наиболее агрессивных и высокотоксичных веществ. Отпадает необходимость в производстве анодной массы, флотации и утилизации электролитной пены, шламонакоплении. Территория 1-ой промплощадки может быть использована для организации другого, но экологически безопасного производства, например, рециклинга вторичного алюминия в высокотехнологическом варианте его реализации [2].

Библиографический список

1. Анализ алюминиевой отрасли [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bastion.ru/materials-aluminium>. – 7.12.2012. - Загл. с экрана.
2. Галевский Г.В. Состояние и перспективы производства алюминия в Новокузнецке / Г.В. Галевский, М.Я. Минцис // Сб. науч. тр. - СибГИУ - Новокузнецк, 2011. – Вып. 27. - С. 91 – 99.
3. Реконструкция НкАЗ-2. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kuzpress.ru/ecology.23737.html>. - 9.12.2012. - Загл. с экрана.

УДК 622.6

АЛЮМИНИЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ КИТАЯ В XXI ВЕКЕ

Триппель А. А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

По данным Международного института алюминия (IAI) [1], Китай является локомотивом роста мирового производства алюминия. Еще в начале XXI века бессменный лидер мировой алюминиевой промышленности прошлого века – США уступил пальму первенства. В 2001 году Китай стал мировым производителем алюминия, а с 2004 года и крупнейшим его потребителем.

По итогам 2012 года объем выпуска алюминия в Китае составил 18,7 млн тонн (в настоящее время в этой стране производится треть алюминия от всего производимого в мире). Так же Китай сохраняет за собой положение

крупнейшего мирового импортера алюминия, в 2012 году импорт этого металла превысил экспорт и составил 1,8 млн тонн необработанного алюминия и первичных алюминиевых сплавов, что на 189,9% больше аналогичного периода прошлого года.

Нарастив огромные мощности по производству алюминия и глинозема, Китай не перестает потрясать мировую алюминиевую промышленность своими гигантскими шагами.

Столь быстрый рост алюминиевой промышленности Китая происходит не случайно. С 2003 года государственная политика Китая была направлена на торможение ее роста и сдерживание инвестиций, на укрупнение предприятий алюминиевой промышленности, а так же на реструктуризацию всей алюминиевой промышленности Китая. Закрытию подлежали заводы мощностью менее 25 тыс. тонн алюминия в год, не разрешалось строить заводы производительность менее 100 тыс. т/год.

С 2005 года был введен налог на экспорт алюминия, а так же запрещены троллинговые операции в алюминиевой промышленности. С 2006 года экспортная пошлина была повышена. Все эти меры были направлены на ограничение энергоемкой продукции с низкой добавленной стоимостью, снижения энергопотребления и содействие импорту сырья.

Благодаря предпринятым макроэкономическим мерам было прекращено или временно остановлено сооружение 23 алюминиевых заводов.

В результате снижения на мировом рынке цены на алюминий, с июня 2012 года в шести китайских провинциях был введен режим субсидирования местными властями тарифов на электроэнергию. Все это делается китайскими властями для сохранения социальной стабильности.

В настоящее время основные алюминиевые заводы Китая соответствуют требованиям по потреблению постоянного тока, не менее 12500 кВтч/т – Al.

Развитие новейших технологий электролиза SAMI представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Технологические параметры новейших электролизеров

Параметры	SY400	SY400 с пониженным напряжением	SY500
Сила тока (кА)	400	400	500
Плотность тока на аноде (А/см ²)	0,815	0,815	0,80 А/см ²
Выход по току, %	94,16	93	94
Производство Al (кг Al/сут)	3033	2995	3785

Продолжение таблицы 1

Параметры	SY400	SY400 с пониженным напряжением	SY500
U _{ср.} на электролизере (В)	4,190	4,0	3,94
Энергопотребление (пост. ток кВтч/т – Al)	13263	<13000	<12500
Состояние	9 заводов введены в эксплуатацию, 8 в стадии строительства		1 в стадии строительства

11 августа 2012года Китай ввел в эксплуатацию крупнейший в Китае алюминиевый завод Xinjiang Qiya Aluminum & Power Ltd. Годовой уровень производства завода составляет 450 тыс. т металла, что обеспечит около 2,5% всего выпуска алюминия в стране. Производственная линия предприятия состоит из 320 электролизеров, мощностью 500 кА. Запуск предприятия так же произошел на фоне сокращения производств мировыми поставщиками алюминия из-за снижения цен на металл.

Китайское правительство так же поощряет развитие промышленности по вторичной переработке алюминия. Основными потребителями вторичного алюминия в Китае являются автомобильная промышленность и промышленность по производству строительных материалов.

В стране действуют около 2 тыс. мелких заводов по производству вторичного металла, из которых только 30 предприятий имеют мощность более 10тыс. т/год. Лидером в производстве вторичного алюминия в Китае является компания Shanghai Sigma Metals, имеющая мощности по производству 300 тыс. т/год металла. Компания Chalco, в 2007 году открыла первый завода по производству вторичного алюминия производительностью 200 тыс. т/год в провинции Шаньдун. И уже через пять лет увеличила производство вторичного алюминия на 10%.

Среди планируемых проектов – строительство алюминиевого завода мощностью 1 млн. тонн продукции в год.

Библиографический список

1. Алюминиевая промышленность Китая в XXI веке [Электронный ресурс]: Информационно аналитический центр. – Электрон. дан. (5 файлов, 264 тыс. записей). – М., - Режим доступа: [<http://www.mineral.ru/Facts/stat/124/20/index.html>; 05.12.12.] – Загл. с экрана.

2. Алюминиевая промышленность [Электронный ресурс]: Сайт про алюминий. – Электрон. дан. (1 файл, 17 тыс. записей). – М., Режим доступа: [<http://www.aluminiumleader.com/>; 04.12.12.] – Загл. с экрана.

СОВРЕМЕННАЯ ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЦЕХА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СЫРЬЯ

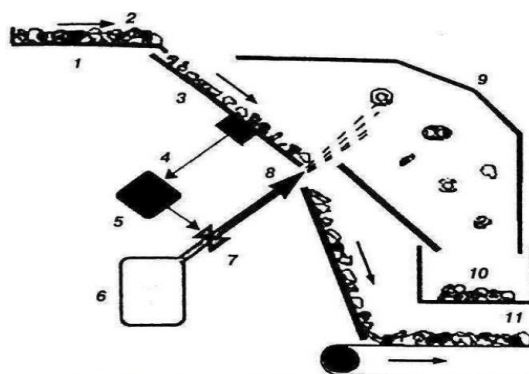
Смирнова О. А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Производство вторичного алюминия из года в год становится все более привлекательной отраслью промышленности как в России, так и во всем мире [1]. Но в российской отрасли по сбору и переработке лома и отхода алюминия немало проблем. Это можно объяснить недостатком современного оборудования, применяемого при производстве вторичного алюминия, недостатком качественного сырья. Так, в 2007 г. в России было выпущено около 3,9 млн. т алюминия из глинозема, и около 720 тыс. т – из лома. При этом отечественной промышленностью было использовано из этого количества соответственно около 700 и 315 тыс. т. Именно поэтому, сегодня особо острой является необходимость применения более эффективных методов переработки вторичного алюминиевого сырья и модернизации оборудования данного производства.

Для российского производства вторичного алюминия существуют некоторые новые технологии, которые могут быть полезны для его модернизации [2]. От традиционных технологий их отличают способы и величины энергии, передаваемой металлу. К таким технологиям относятся воздействия электромагнитными полями, рентгеновскими лучами, лазерным излучением, плазмой и ультразвуком. На рисунке 1 представлена схема процесса электропневматической сепарации алюминия из бытовых отходов, разработанного американской компанией Magnetic Separations Systems, Inc.



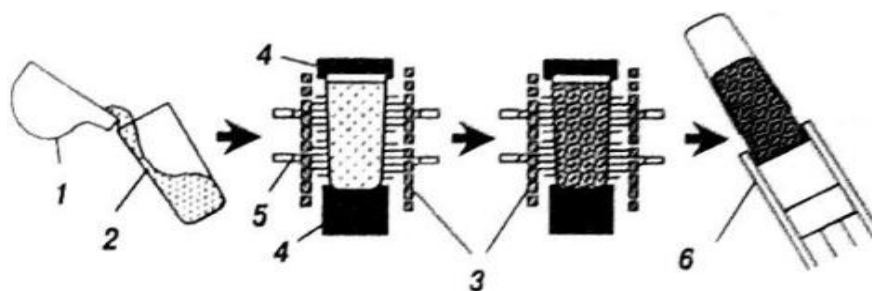
1 – вибрационный питатель; 2 – смешанные отходы; 3 – желоб; 4 – детекторы металла; 5 – управляющий компьютер; 6 – сжатый воздух; 7 – соленоидный клапан; 8 – воздушная струна; 9 – разделительная камера; 10 – алюминиевый скрап; 11 – пластик

Рисунок 1 – Схема процесса электропневматической сепарации алюминия из бытовых отходов

Отходы, прошедшие предварительно магнитную сепарацию, но содержащие немагнитный металл перемещаются по вибрационному желобу. Проходя через зону электронных датчиков вихревых токов, металл вызывает соответствующий массе куска импульс воздушного потока, отделяющий его от остальных отходов. Степень извлечения алюминия превышает 98% при производительности установок 1 – 2 т/ч. В мире уже находится 25 таких установок. Их применение перспективно и в российских условиях.

Новым процессом, использующим воздействие электромагнитного поля, является производство точных отливок и деталей путем формирования металла с тиксотропной структурой в твердотелом состоянии. Отличие такой структуры от традиционной дендритной состоит в форме зёрен. Здесь начинают применяться две технологии. Первая под названием «VelvetFlow casting» состоит в получении в слитках непрерывного литья недендритной структуры за счёт электромагнитного перемешивания в процессе кристаллизации.

Вторая технология разработана японской компанией UBE Industries Ltd, представлена на рисунке 2 и заключается в контролируемом охлаждении расплава в высокочастотном электромагнитном поле до получения в структуре 40-50% доли жидкой фазы.



1 – ковш; 2 – тигель; 3 – высокочастотная индукционная катушка; 4 – керамика; 5 – воздух; 6 - металлоприемник

Рисунок 2 – Схема технологии New Rheocasting Process

Далее заготовка передаётся в машину литья под давлением. Помимо новых технологий, связанных с высокоэнергетическим воздействием на металл, применяются процессы высокотемпературной обработки и регламентированного отвода тепла (например, при закалке из жидкого состояния), влияющие на морфологию фазового состава и свойства продукта. К ним можно отнести и процессы введения в металл нетрадиционных добавок (газообразователей или частиц карбидов и оксидов). В целом же можно отметить, что применение новых технологий способствует повышению извлечения металла из скрапа, экономии энергии, снижению трудозатрат, увеличению добавленной стоимости продукции, а также открывает возможности производства новой продукции из вторичного алюминиевого сырья.

Не секрет, что на сегодняшний день нет оборудования, которое позволило бы оптимально перерабатывать разные виды сырья [2]. Каждый

вид сырья для переработки требует определенного оборудования. Задача, стоящая перед переработчиками, - поиск оптимальной комбинации оборудования для переработки любого сырья (смешанный и низкосортный лом; использованные банки; моторный лом; стружки, опилки; сплесы, съемы при литье; шлак (горячий и холодный) и шлаковые концентраты). Виды оборудования для переработки вторичного алюминиевого сырья:

- Роторные наклоняемые печи с кислородно-топливной системой горения (TTRF) - это лучшее решение для переработки низкосортного загрязненного скрапа, моторного лома (с высоким содержанием железных приделок), использованных банок (без предварительной их подготовки), а также шлака;

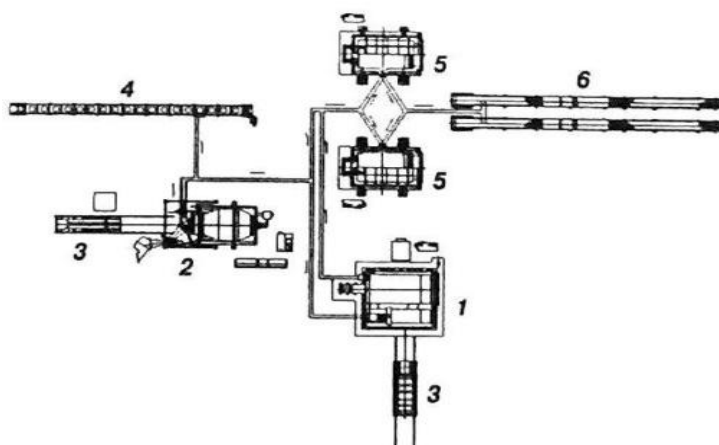
- Печи с загрузкой в боковой карман и насосом для циркуляции металла лучше всего подходят для переработки стружки, измельченных банок и легковесного скрапа;

- МГД - устройства используются для интенсификации процесса плавления и управления процессом разлива;

- Линии переработки (шредирования) ломов и шлаков предназначены для измельчения, очистки, магнитной сепарации сырья с целью их последующей более эффективной переплавки. Использование таких линий значительно повышает производительность завода.

Оптимальный выбор оборудования позволяет более гибко обеспечивать переработку всех типов существующего сырья с наилучшими технико-экономическими показателями и уровнем конкурентоспособности.

Обладея большим опытом в работе с алюминий - содержащими отходами, а возможностью производить оборудование практически для любого вида сырья, компания ALTEK – MDY предоставляет комплексные решения «под ключ». В качестве примера на рисунке 3 показана планировка цеха по переработке вторичного алюминиевого сырья.



1 – отражательная печь; 2 – роторная наклоняемая печь; 3 – загрузочная машина; 4 – линия литья крупногабаритной чушки;

5 – поворотный миксер; 6 – линия литья чушки массой 5 кг

Рисунок 3 – Цех по переработке алюминийсодержащих отходов
производительностью 50 тыс.т/год

В его состав входят: печь, с боковой загрузкой вместимостью 50т; роторная наклоняемая печь вместимостью 16 т; 2 миксера вместимостью по 20 т для прецизионного доведения сплавов; 2 линии разливки чушки массой 5 кг; 1 линия разливки крупной чушки.

Без рафинирования и модифицирования сегодня не может обойтись ни одно металлургическое предприятие. Ещё одна возможность применения электромагнитного поля – это рафинирование расплава от неэлектропроводных включений. Традиционно для очистки вторичных алюминиевых сплавов применяют флюсовое рафинирование. В настоящее время на производство сплавов для удаления избыточного магния используется, в основном, рафинирующие флюсы на основе хлоридов и фторидов калия, натрия и алюминия. Для доведения качества сплавов до уровней мировых стандартов на заводах необходимо внедрить систему рафинирования металла в процессе его разлива на конвейер, включающий продувку расплава азотом с последующей фильтрацией через стеклосетку или пенокерамический фильтр.

На сегодня решения проблем производства вторичного алюминия является важным аспектом для развития всей алюминиевой промышленности. Дело в том, что при их решении исчезнут проблемы рационального природопользования сырья, а так же вопросы перевооружения различных промышленных агрегатов. Последнее дают возможность роста и развития отрасли в целом, что в свою очередь благоприятно влияет на развитие всей промышленности России.

Библиографический список

1. Электронный каталог ГПНТБ России [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит., поступающей в фонд ГПНТБ России.– Электрон. дан. (373 записи). – М.,– Режим доступа: [<http://www.autochannel.ru/utilize/935173716.html> 27.11.2012.] – Загл. с экрана.

2. Лошкин М.З. 3 – я международная конференция и выставка «Рециклинг алюминия» // Известия учебных высших заведений «Цветные металлы». – 2006. – № 8. – С. 111 – 124.

УДК 622.6

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ФЛЮСОВ В КУЗБАССЕ

Серебренникова Т.Г., Рязанова Н.В.

**Научные руководители: д.т.н., профессор Волынкина Е.П.,
д.т.н., профессор Галевский Г.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Применение флюсов в металлургических переделах производства чугуна и стали необходимо для повышения качества продукции. При интенсивном использовании природных флюсов наблюдается истощение их

запасов. Одним из направлений повышения технико-экономических показателей металлургических процессов является использование синтетических флюсов.

В связи с этим, целью настоящей работы является оценка перспектив организации производства в Кузбассе синтетических легкоплавких флюсов для металлургии с использованием техногенного сырья.

Синтетические флюсы представляют собой углеродистые и фторуглеродистые отходы электролитического производства алюминия – огарки обожженных и самообжигающихся анодов, отработанная углеродистая футеровка электролизеров, пыли и шламы газоочистных и аспирационных устройств.

Синтетические флюсы могут быть использованы на различных стадиях металлургического передела - выплавка чугуна в доменном процессе, выплавка стали в конвертерах, мартеновских или электропечах, внепечная обработка чугуна и стали. Синтетические легкоплавкие флюсы представляют собой уникальные сырьевые материалы для металлургии, превосходящие по технологическим параметрам природный легкоплавкий флюс – плавиковый шпат – и позволяющие одновременно частично заменить традиционные энергоносители – кокс, уголь и др.[1]

Синтетический флюс обладает комплексом свойств, обуславливающих его технологические преимущества по сравнению с традиционными видами металлургического сырья. Химический состав кусковых и брикетированных синтетических флюсов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав синтетических флюсов

Материал	Крупность, мм	Влажность, W ^r , %	Выход летучих, V ^r /V ^{da} , %	Содержание элементов, % сухой массы									
				C	Ca	F	Na	Al	Fe	Si	Mg	S	K
Кусковой синтетический флюс	(5-10)-(40-50)	1,0	1,7-2,6	30	2-6	15	15	4-6	0,2	0,2	0,4-	0,1	0,2
				–	–	–	–	–	–	0,5	–	–	
				50	20	20	0,4	0,5	0,2	0,3			
Брикетированный синтетический флюс	30*40*70	2,4	2,1-2,5	30	10	15	10	3-5	0,5	0,1	0,1-	0,2	0,3
				–	–	–	–	–	–	0,3	–	–	
				50	20	20	15	1,0	0,2	0,3	0,5		

Приведенные данные показывают, что синтетические флюсы являются комплексными органоминеральными соединениями. Минеральная часть

представлена, главным образом, фтористыми солями натрия и алюминия.

Синтетические флюсы имеют следующие преимущества:

- более низкая температура плавления благодаря наличию легкоплавких фтористых солей, что способствует быстрому наведению жидкоподвижных шлаков в металлургических агрегатах;

- низкое содержание балластных компонентов;

- высокая механическая прочность;

- низкая пористость;

- наличие углерода с уникальной динамикой горения, обеспечивающей оптимальные условия рафинирования металла в металлургических процессах и получения цементного клинкера;

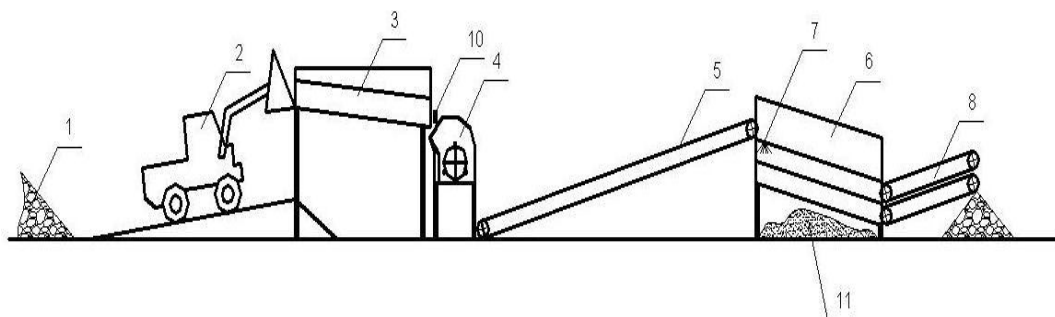
- наличие высокоактивных соединений натрия и кальция, обеспечивающих высокую рафинирующую способность металлургических шлаков, особенно в отношении серы;

- низкая стоимость.

ОК «РУСАЛ», один из крупнейших в мире производителей алюминия, подписал с Администрацией Кемеровской области и Экологическим региональным центром (ЭРЦ) соглашение о сотрудничестве в области переработки отходов и создании на их основе инновационных продуктов для черной металлургии [3].

Сущность проекта заключается в создании производства новых видов продукции - комплексных синтетических легкоплавких флюсов для черной металлургии - на основе фторуглеродистых отходов электролитического производства алюминия, создании опытно-промышленного, а затем и промышленного производства кусковых и брикетированных синтетических флюсов, формировании рынка, в том числе и путем разработки и внедрения новых методов ведения технологических процессов в металлургии с их использованием [1].

Технологическая схема производства синтетических флюсов представлена на рисунке 1. Заскладированные в штабеле 1 сырьевые компоненты фронтальным погрузчиком 2 подаются на решетку загрузочного бункера вибрационного питателя 3. Из разгрузочной щели вибрационного питателя сырье подается на ленточный конвейер, на разгрузке которого установлен железоотделитель 10. Затем материал поступает на щековую дробилку 4. Дробленое сырье с помощью ленточного транспортера 5 подается на верхнее сито инерционного двухситного грохота 6, с которого на ленточный транспортер 8 поступает синтетический флюс для доменного производства. Над нижним ситом инерционного грохота установлен узел обработки сырья кальцийсодержащим реагентом 7. Обработка реагентом позволяет получить синтетические флюсы для сталеплавильного производства с повышенным содержанием ценных компонентов. Готовая продукция – синтетические флюсы транспортируются ленточными конвейерами 8 в штабеля готовой продукции 9, откуда затем отгружаются потребителям [1].



- 1 - штабель сырья, 2 - фронтальный погрузчик, 3 - вибрационный питатель, 4 - щековая дробилка, 5 - ленточный транспортер, 6 - инерционный грохот, 7 - узел обработки сырья реагентом, 8 - ленточный конвейер, 9 - штабель готовой продукции, 10 – железоотделитель, 11 – отсев

Рисунок 1 – Технологическая схема промышленной установки по производству кусковых синтетических флюсов

Производство синтетических флюсов планируется организовать в г. Новокузнецке, что целесообразно как с точки зрения близости основной массы алюминиевых заводов (Новокузнецкий, Саяногорский, Хакасский, Красноярский, Братский, Иркутский), так и с позиции близости крупных металлургических предприятий (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»), являющихся основными потребителями синтетических флюсов.

Реализация продукта, как в России, так и за рубежом предполагается в виде изделий – кусковых и брикетированных синтетических флюсов следующих марок: ФСК-1 – предназначен для доменного производства, крупность – 50–100 мм; ФСК-2, ФСК-3 – для сталеплавильных процессов и производства цемента, крупность – 10–50 и 0–10 мм [1].

Потребителями продукции являются металлургические предприятия, а также машиностроительные заводы, имеющие в своем составе металлургические цехи. Достаточно надежный и стабильный рынок применения данных материалов имеется, прежде всего, на металлургических предприятиях Кузбасса и Урала, расположенных в наибольшей близости к месту предполагаемого производства синтетических флюсов (г. Новокузнецк), в частности ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», ОАО «НТМК», ОАО «ММК», ОАО «НОСТА», ОАО «МЕЧЕЛ», а также предприятия Центральной части России - ОАО «НЛМК», ОАО «Северсталь» и другие, включая мелкие металлургические предприятия, количество которых в России составляет около 100, и машиностроительные заводы, имеющие собственные металлургические цехи, например «АвтоВАЗ», «ГАЗ» и др. Потенциальными потребителями флюсов являются также металлургические предприятия стран СНГ (Украина, Казахстан) и дальнего зарубежья (Китай).

Потребитель получит эффект от применения синтетических флюсов благодаря замене ими традиционных природных легкоплавких флюсов (кусковой и брикетированный плавиковый шпат) в доменном и сталеплавильном процессах. Экономический эффект будет выражен в снижении себестоимости выплавляемого металла (чугун, сталь) благодаря

более низкой стоимости и более высокой технологической эффективности синтетических флюсов по сравнению с природными [1].

Этот проект включен в перечень инвестиционных проектов Кемеровской области. На сегодняшний день никто в Кузбассе не занимается аналогичным перерабатывающим производством. Благодаря проекту объем перерабатываемых отходов РУСАЛа в 2013 году может увеличиться до 80 тыс. тонн. Получение инновационного продукта на основе отходов алюминиевых заводов дает принципиально иное решение проблемы их утилизации. ЭРЦ имеет лицензию на обращение с отходами. Для РУСАЛа также очень важно, что в процессе обработки происходит глубокое обезвреживание входящих в состав отходов токсичных компонентов и практически полное их уничтожение [3].

Библиографический список

1. Создание производства синтетических легкоплавких флюсов для металлургии на основе фторуглеродистых отходов алюминиевого производства: инновационный проект / ООО «Экологический региональный центр», г. Новокузнецк, 2011.

2. Айзатулов Р.С. Комплексные синтетические флюсы для совершенствования коневторной плавки / Р.С. Айзатулов, Е.П. Волинкина, Е.В. Протопопов, Л.А. Ганзер // Вестник горно-металлургической секции Российской Академии естественных наук. Отделение металлургии. Раздел «Металлургия черных и цветных металлов и сплавов»: сб. науч. тр. / СибГИУ. – Новокузнецк – Москва, 2008. – Вып. 21. – С. 12-16.

3. Деловой Кузбасс [Электронный ресурс]: интернет-журнал. – Новокузнецк, 2011 / Режим доступа: <http://www.delkuz.ru/content/view/13902/233/> – Загл. с экрана.

УДК 661.665

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОПОРОШКА КАРБИДА ТИТАНА

Пулотова З.М.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Галевский Г.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Карбид титана относится к группе синтетических, сверхтвердых, тугоплавких, жаропрочных материалов и достаточно востребован для производства металлообрабатывающего инструмента, защитных покрытий и карбидосталей.

Производство карбида титана в наносостоянии открывает новые перспективы его применения, одним из которых является модифицирование сплавов различного состава и назначения. Интерес к карбиду титана, как

основному компоненту модифицирующих комплексов, устойчиво сохраняется уже более 30 лет. В 2008 г. на Запсибметкомбинате (ЗСМК) проведено крупное промышленное опробование карбида титана для модифицирования стали в кристаллизаторе сортовой машины непрерывного литья заготовок. Исследование проведено и описано авторским коллективом под руководством профессора Протопопова Е.В. Установлено, что введение карбида титана в виде порошковой проволоки в сталь обеспечивает ускоренное и более равномерное затвердевание стали в жидкой лунке, измельчение зерна и более равномерное распределение неметаллических включений. Прогнозируемая ЗСМК потребность в нанопорошке карбида титана составляет 400 т в год. Все это свидетельствует, что разработка и освоение технологии производства карбида титана является актуальной научно-технологической задачей.

Целью настоящей работы является исследование основных свойств нанопорошка карбида титана.

Производство нанопорошка карбида титана осуществляется плазменным синтезом в трехструйном плазменном реакторе мощностью 150 кВт с использованием в качестве плазмообразующего газа азота, титансодержащего сырья порошков диоксида титана (вариант I) и титана (вариант II), в качестве восстановителя и карбидизатора - природного газа с содержанием метана до 94 % об.

Продукты плазменного синтеза исследовались методами рентгеновского, химического, электронно-микроскопического анализов, а также методом БЭТ определялась их удельная поверхность. Основные характеристики карбида титана для вариантов I и II представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики нанопорошка карбида титана для вариантов I и II

Характеристика	В-I	В-II
Фазовый состав	TiC	TiC
Содержание основной фазы, % масс.	92,13	93,42
Содержание примесей, % масс.		
- диоксид титана	6,56-6,82	-
-титан свободный + кислород	-	5,37–5,68
-углерод свободный	1,31-1,56	1,21–1,44
-летучие	0,82-0,97	0,97–1,11
Удельная поверхность, м ² /кг	29000-32000	33000–35000
Размер* частиц, нм	38-42	34-36
Форма частиц	ограниченная кубическая	ограниченная, кубическая
Окисленность нанопорошка карбида титана** × 10 ⁷ , кг O ₂ /м ²	12,5	8,6
Примечание: *– рассчитывался по величине удельной поверхности; **–определялась после выдержки на воздухе в течении 24 ч.		

Рентгеновский анализ проводился с целью определения фазового состава продуктов синтеза карбида титана. Фрагменты рентгеновских дифрактограмм продуктов синтеза обоих вариантов представлены на рисунке 1. В обоих случаях в продуктах синтеза присутствует монокарбид титана с кубической гранцентрированной кристаллической решеткой с параметром $a = 0,4323$ нм, что на $0,0004$ нм меньше, чем у массивных кристаллов. Это может быть обусловлено неравновесным состоянием в частицах размером менее 100 нм приповерхностных слоев, приводящим к деформации (сжатию) кристаллических решеток, смещению атомов из идеальных положений, возникновению микронапряжений. Микронапряженность кристаллической решетки, оцениваемая по величине отношения $\Delta a/a$, составляет $(0,92 \pm 0,10) \cdot 10^{-3}$.

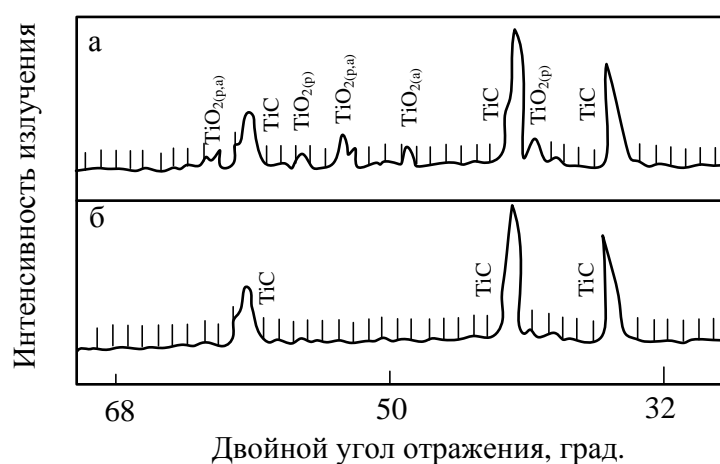


Рисунок 1 – Фрагменты рентгеновских дифрактограмм карбида титана, полученного плазменным синтезом из диоксида (а) и титана (б)

В первом варианте карбиду титана сопутствует диоксид с кристаллической структурой рутила и анатаза. Сопутствующий карбиду свободный пиролитический углерод образуется, по-видимому, при разложении метана в аморфном состоянии и на дифрактограммах не проявляется.

При химическом анализе продуктов синтеза определялось содержание титана, кислорода, азота, свободного углерода после чего рассчитывалось содержание обнаруженных в продуктах синтеза рентгеновским анализом фаз.

Дисперсность продуктов плазменного синтеза определялась методами микроскопии и оценивалась по величине удельной поверхности.

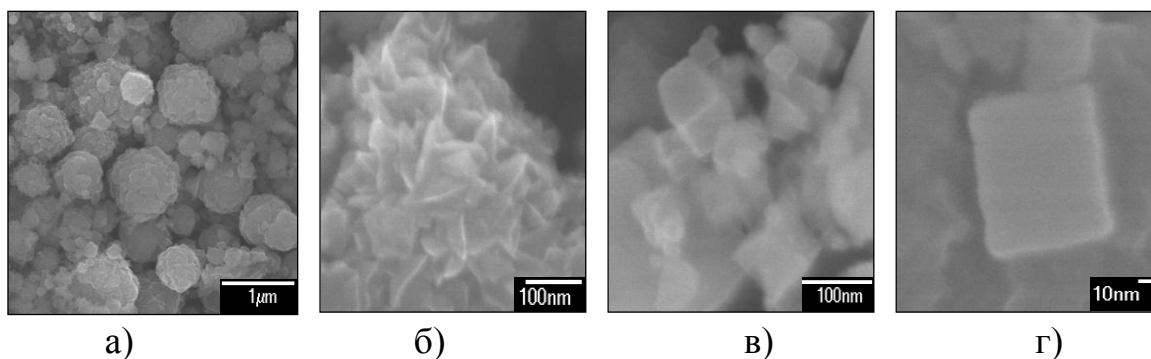
Средний размер частиц рассчитывался по формуле:

$$d_K = \frac{6}{0,8 \cdot S_{уд} \cdot \rho}, \quad (1)$$

где $S_{уд}$ – удельная поверхность образца, $\text{м}^2/\text{кг}$;

ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Исследования карбида титана осуществлялось методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Более четкую картину можно видеть при использовании метода растровой электронной микроскопии (РЭМ). Метод обеспечивает при увеличении 300000 раз (рисунок 2) визуализацию отдельных частиц, определение их размеров и формы, а также выявление сопутствующей карбиду примеси пиролитического, несвязанного в карбид, углерода.



а – в состоянии поставки после синтеза; б – морфологическая картина агрегата; в – ансамбль наночастиц; г – наночастица кубической формы

Рисунок 2 – Микрофотографии нанопорошка карбида титана – РЭМ

Можно видеть, что карбид титана получен в виде ограниченных частиц кубической формы размерного диапазона от 10 до 40 нм. Ограниченная форма частиц карбида титана свидетельствует об образовании их по механизму «пар – кристалл», предположительно при взаимодействии паров титана и циановодорода. Присутствие в продуктах синтеза агрегатов различного объема указывает на высокую вероятность дальнейшего укрупнения наночастиц при понижении температуры путем их коагуляции.

УДК 622.6

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАФИНИРОВАНИЮ ВТОРИЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Козлова С.А.

Научный руководитель: д. т. н., профессор Галевский Г. В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

При производстве литых алюминиевых сплавов на всех стадиях процесса происходит насыщение расплава водородом и неметаллическими включениями. Вне зависимости от видов загрязнений способы их удаления называются рафинированием расплавов. Специфичность взаимодействия отдельных сплавов с газами и оксидами, разнообразие требований к степени чистоты металла, различия в эффективности методов в зависимости от

условий применения учитываются при выборе способов очистки или их комбинаций [1].

В связи с этим целью данной работы является рассмотрение новых подходов к рафинированию вторичных алюминиевых расплавов.

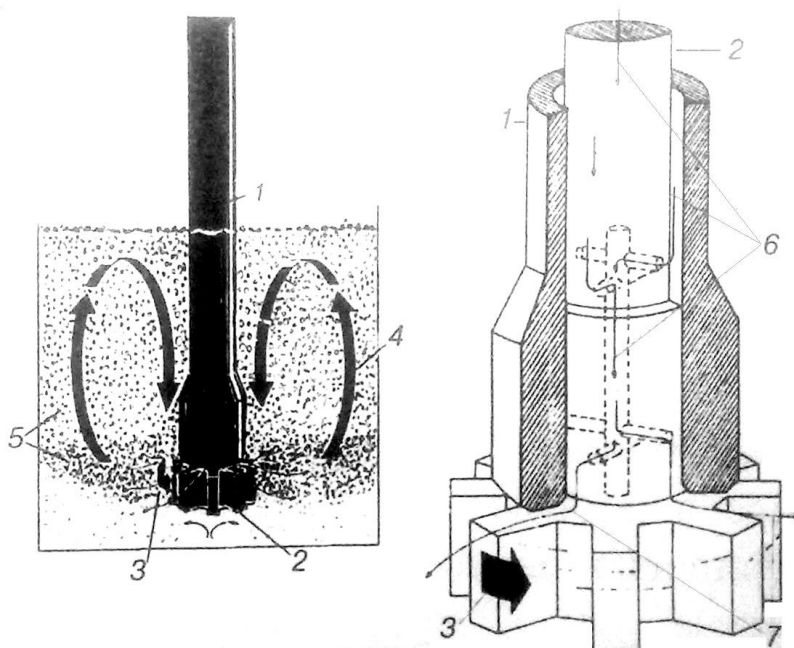
Способы рафинирования по воздействию на расплавленный алюминий разделяют на неадсорбционные и адсорбционные. К неадсорбционным методам относятся: отстаивание, вакуумирование, обработка ультразвуком, постоянным током и некоторые другие. При неадсорбционных методах рафинирования оксидные включения и водород удаляют под воздействием, оказываемым на всю массу металла. К адсорбционным методам относятся фильтрование, обработка флюсами, нейтральными или активными газами или летучими галогенидами. При адсорбционных методах расплав соприкасается с рафинирующим средством, взаимодействующим с оксидными включениями и газами (водородом), и удаляет их из расплава.

Наилучшим способом очистки расплава от растворенного водорода и неметаллических включений считается отстаивание в вакууме, в том числе с одновременной продувкой инертными газами, но данный способ очень дорог в условиях массового производства, и поэтому он не нашел широкого применения. Обработка расплава газообразным хлором или его смесью с инертным газом негативно сказывается на здоровье людей и состоянии окружающей среды. Поэтому применение данного способа очень ограничено, несмотря на то, что позволяет получить металл с высокой степенью очистки от водорода и неметаллических включений [2].

При обработке расплава смесями инертных газов качество металла будет зависеть от способа введения газа в расплав. Основополагающими факторами процесса рафинирования расплава газами (газовыми смесями) являются размер, количество и распределение внутри расплава газовых пузырьков. Размер пузырька определяет величину площади контакта на границе газ-примесь, от которой зависят коэффициент использования рафинирующего газа и эффективность процесса. В зависимости от способа введения газа в расплав размер эффективной контактной поверхности можно увеличить в десятки раз, уменьшая размер газовых пузырьков и не изменяя объема вдуваемого газа. Пузырьковый режим эффективнее струйного при введении газа в расплав. Количество газа, продуваемого через расплав в струйном или пузырьковом режиме, также влияет на эффект дегазации, так как от него зависят все та же площадь контактной поверхности и распределение газа в объеме расплава. Регулирование степени дисперсности пузырьков газа, вдуваемого в расплав, при установке требуемых режимов очистки — одно из неоспоримых преимуществ процессов типа роторной дегазации [2]. Дегазация расплава в плавильной печи или миксере (особенно большого объема) не может гарантировать равномерного распределения газа по всему объему металла. Использование выносной камеры для процесса рафинирования газами позволяет достичь

наилучшего эффекта. Бурление на границе расплав-атмосфера, происходящее при дегазации, приводит, во-первых, к активному окислению металла с замешиванием в расплав окисных плен и, во-вторых, к повторному насыщению водородом. Применение выносной камеры с герметичной крышкой, внутренним пространством, заполненным инертным газом, и системами подачи-отвода металла облегчает дегазацию и предотвращает окисление расплава.

На предприятии «Мособлпромонтаж» в 2005 г. на линии разлива металла был смонтирован и пущен в эксплуатацию комплекс очистки алюминиевых сплавов от водорода и неметаллических включений SNIF[®] TD 1000 (рисунок 1) [2]. Данная установка впервые в России применена для рафинирования литых алюминиевых сплавов (производимых из вторичного сырья).



- 1 – статор; 2 – ротор; 3 – направление вращения ротора;
 4 – перемещение расплава; 5 – пузырьки газа в расплаве;
 6 – подача газа в роторе; 7 – выход газа в расплав

Рисунок 1 – Принцип действия системы ротор-статор SNIF[®] TD 1000

Принцип действия данной системы основан на подаче в ванну, заполненную расплавом металла, инертного газа (смеси) через быстро вращающийся ротор специальной конструкции. За счет высокой скорости вращения вокруг ротора создается слой расплава, активно перемешиваемого и насыщаемого газом, причем высокая скорость вращения ротора позволяет получить размер пузырька в расплаве <1 мм. Простота конструкции и четкие технические решения позволяют обслуживать данный технологический комплекс минимальным числом сотрудников. Более того, сам процесс настолько автоматизирован, что сразу после настройки и до самого

окончания слива металла вмешательство оператора не требуется. Оснащенность дегазатора системами аварийной сигнализации гарантирует своевременное оповещение сотрудника о неполадках в системе. Комплектная поставка дублирующей роторной системы с приводом позволяет произвести замену ротора в «горячем» режиме в течение 30 мин.

Анализ содержания неметаллических включений в расплаве до установки SNIF[®] TD 1000 и после нее показал, что при использовании аргона эффективность очистки составляет от 60 до 76 % в зависимости от входной концентрации примесей. Эффективность очистки расплава от водорода составила от 67 до 78 % при данных условиях и различных его (водорода) концентрациях. Уже первый запуск дегазатора подтвердил высокую эффективность данного способа рафинирования.

Для очистки расплава использовался аргон высокой чистоты (99,998 %). Для слива 10 т металла потребовалось 6000 л (н. у.) газа. Контроль содержания водорода осуществлялся в потоке расплава с использованием анализатора содержания водорода ALSCAN F[™]. Параллельно проводился анализ проб на насыщенность газом путем заливки в предварительно прогретую графитовую изложницу глубиной 10 и диаметром 65 мм. Для контроля содержания водорода в отливке после кристаллизации сплава параллельно измерениям проводился отбор проб в виде прутков диаметром 10 мм и длиной 110 мм. Содержание водорода в отливках определяли по ГОСТ 21132 методом вакуум-плавления с последующим анализом экстрагированных газов на масс-спектрометре.

Даже при полном несоблюдении производителем или потребителем условий хранения и транспортировки применяемый способ рафинирования расплава позволяет сохранять низкое содержание водорода в слитке. Опробование различных вариантов очистки расплава показало, что наиболее целесообразным является способ, основанный на продувке расплава инертными газами через сопло, вращающееся с большой частотой (до 700мин⁻¹), в герметичной выносной камере. В результате этой обработки достигается снижение содержания водорода (до 1·10⁻³ см³/г металла) в сплаве (на 60 %), эффективно удаляются твердые примеси, становится возможным получать слитки высокой чистоты, необходимые для дальнейшей выплавки ответственных деталей. Затраты при применении данного метода минимальны.

Библиографический список

1. Фомин Б. А. *Металлургия вторичного алюминия : учеб. пособие для вузов.* – М. : «ЭКОМЕТ», 2004. – 240 с.
2. Савченко С.В. *Первый в России опыт применения роторного дегазатора SNIP[®] TD 1000 «Pyrotek Inc.» при рафинировании вторичных алюминиевых сплавов / С.В. Савченко, А.А. Плаксин, С.В. Усенко // Цветные металлы.* – 2007. – № 4. – С. 117 – 120.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ НЕРАСХОДУЕМОГО АНОДА ДЛЯ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

Карамышева А.В.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Галевский Г.В.

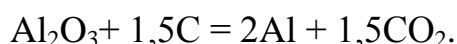
*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Целью настоящей работы является анализ основных результатов выполненных исследовательских работ по созданию нерасходуемого анода для алюминиевого производства.

Переход на нерасходуемые аноды вместо углеродных в алюминиевой промышленности должен снизить стоимость производства первичного алюминия на 15-20%, сократить расход электроэнергии на 25% и при этом исключить выбросы оксидов углерода, фторидов углерода и пр.[1].

В связи с этим большое внимание уделяется разработке перспективных материалов нерасходуемых анодов для алюминиевых электролизеров, которые должны обладать следующими свойствами: скорость износа менее 1см/год; изменение электросопротивления в течение 1 года не более чем на 10%; термостойкость не менее 100 теплосмен; прочность при сжатии не менее 50 МПа; трещиностойкость не менее 1,5 МПа·м^{1/2}; возможность сварки или механической обработки для создания конструкции анода [2].

Для нерасходуемого анода основные исследования были сосредоточены на поиске материалов, которые должны быть химически инертны по отношению к криолит-глиноземным смесям и кислороду, выделяемому на аноде по реакции:



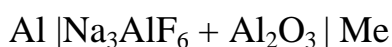
С нерасходуемыми анодами общая реакция имеет вид:



Обратная ЭДС этой реакции при температуре 1000°C составляет 2,20 В по сравнению с 1,20 В для обычного процесса.

Исследовательские работы по нерасходуемым анодам проводились по трем классам материалов, а именно: металлы, оксиды и керметы [2].

Металлические аноды имеют высокую электропроводность, но подвергаются интенсивному окислению и коррозии, будучи аноднополяризованными в криолитовых расплавах. Кроме того, имеет место анодное растворение, когда ЭДС пары



меньше, чем ЭДС реакции



для которой стандартная ЭДС составляет 2,2 В. Проведенные исследования показали, что пары Al—Ni, Al—Fe, Al—Cu имеют значение ЭДС поляризации меньше 2 В. Чтобы использовать эти металлы как нерасходуемые аноды, они должны быть покрыты стабильным оксидным слоем, который обнаруживал бы своеобразную пассивацию и не должен растворяться в электролите.

Проведенные исследования таких металлов, как Cu, Ni, а также Cr и Ag, не дали положительных результатов. Тугоплавкие металлы и их соединения в виде боридов, карбидов и нитридов также не дали желаемых результатов.

Единственным металлом, который удовлетворяет большинству требований, предъявляемых к нерасходуемым анодам, является платина при плотности тока до 5А/см^2 . Однако по понятным причинам она не может быть использована в качестве нерасходуемого анода. Проведенные исследования по покрытию стали, меди и графита различными металлами и оксидами также не дали положительных результатов [3].

Оксиды устойчивы к выделяющемуся на аноде кислороду, и поэтому они исследовались на пригодность их применения в виде нерасходуемых анодов. Однако почти все материалы, исследованные в настоящее время, имеют определенную растворимость в расплавленном криолите и загрязняют электролитически полученный алюминий. Кроме того, почти все оксиды имеют высокое электрическое сопротивление. Чтобы оксиды были приемлемыми в промышленности, эти материалы должны иметь скорость коррозии 1-3 см /год. Имеются и обнадеживающие результаты. Так, де Нора с сотрудниками [3] получил патент на спеченные аноды с матрицей из триоксида иттрия Y_2O_3 и с другими соединениями с электронной проводимостью и с электрокаталитическим материалом на рабочей поверхности. Было заявлено, что электроды являются инертными, размерно-стабильными и могут быть использованы для электролитического производства алюминия из расплавленных солей. При этом потеря их массы не превышает $0,02\text{-}0,1\text{ г/см}^2$ после 2000 часов электролиза.

Керметные аноды относятся к материалам, в которых присутствуют как металлические, так и керамические компоненты. В идеале они должны были бы иметь свойства и металлических материалов и керамических. С точки зрения их использования в качестве нерасходуемых анодов, оксиды должны иметь желательные коррозионные свойства, а металлические материалы - высокую электропроводность и механические свойства. В последние годы, скорость коррозии образцов анодов при низкотемпературном электролизе составила 2,5 см/год, что позволяет прогнозировать износ около 7,5 см/год для промышленного электролиза при 950-960 °С.

В современной работе [4] российских и норвежских специалистов по изучению поведения инертных анодов на основе ферритов никеля и меди в низкотемпературных электролитах также получена скорость 2 см/год.

Капитальные затраты, связанные с переводом на инертные аноды действующих заводов, оцениваются 6 – 22 дол. на тонну производимого алюминия. Сокращение капитальных вложений при строительстве нового завода может составить 117 – 147 дол. на тонну производимого алюминия.

Детально анализируя положение с возможностью и эффективностью применения нерасходуемых анодов, авторы работы [4] более чем оптимистично рассматривают экономическую целесообразность внедрения электролизеров с инертными анодами. По мнению этих авторов, модернизация современных электролизеров с использованием инертных анодов будет целесообразна при обеспечении стабильной технологии при усиленной теплоизоляции борта. В этом случае себестоимость алюминия может быть снижена на 15-20%.

С экологической точки зрения эти аноды являются уникальным материалом, так как позволяют избавиться от выбросов смолистых веществ, перфторуглеродов и парниковых газов.

Библиографический список

1. Лайнер Ю. А. Разработка и синтез инертных анодов для алюминиевой промышленности / Ю.А. Лайнер, Н.П. Лякишев, М.И. Алымов [и др.] // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2004. - №3.- С. 50–59.
2. Галевский Г.В. Экология и утилизация отходов в производстве / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис. – 2-е изд., М.: Флинта: Наука, 2005.- 272с.
3. Чанг Х. Материалы, используемые в производстве алюминия методом Эру – Холла / Пер. П.В. Полякова.– Красноярск: КГУ, 1998. – 154с.
4. Блинов В.А. Инертные аноды: преимущества, проблемы и экономический анализ внедрения/Доклады международной конференции «Алюминий Сибири – 2001». – Красноярск, 2001. – С. 83-93.

УДК: 546.742:54.052

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ НИКЕЛЯ И ГИДРОКСИДА НИКЕЛЯ НА ПОРИСТОМ УГЛЕРОДНОМ НОСИТЕЛЕ.

**Воропай А.Н., Манина Т.С., Самаров А.В., Колмыков Р.П.
Научный руководитель: д.х.н., член-корр. РАН Захаров Ю.А.**

*Институт углекислого и химического материаловедения СО РАН
г.Кемерово*

Введение

На острие современного материаловедения сегодня находятся работы по получению и изучению свойств наноструктурированных металл-углеродных композитов (НМУК), что связано с уникальными магнитными и электрофизическими свойствами изолированных наночастиц металлов помещенных в углеродную матрицу.

Целью настоящего исследования является приближение к решению задачи получения таких НМУК на примере наноструктурированных никель-углеродных композитов (ННУК).

Экспериментальная часть

Синтез ННУК проводился на пористых углеродных материалах (ПУМ) разработанных в ИУХМ СО РАН [1,2].

Готовился насыщенный раствор хлорида никеля (ЧДА), которым в дальнейшем пропитывали ПУМ. Полученный NiCl_2/C материал в дальнейшем используют для получения образцов.

1. NiCl_2/C материал помещали в концентрированный раствор щелочи. Реакция продолжалась в течение 20 мин (полученные образцы носят условное название ННУК-1).

2. NiCl_2/C материал помещали в щелочной раствор гидразин гидрата и проводили реакцию до частичного (ННУК-2) и полного (ННУК-3) восстановления гидроксида никеля до металла.

Исследования образцов проводилось набором физических методов: рентгенографические исследования проводилось на рентген дифрактометре ДРОН-3; электронно-микроскопические исследования и определение состава выполнены на микроскопе Jeol JSM 6390 с приставкой jed 2300 для рентгенофлуоресцентного анализа.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлены дифрактограммы образцов ННУК, полученных в примерах 1 и 2. На рентгенограммах отчетливо видны рефлексы гидроксида никеля (рисунок 1, а, б) и металлического никеля (рисунок 1, в). Также на рисунке 1 (б) виден слабый рефлекс металлического никеля, который свидетельствует о том, что поверхность композита должна содержать помимо гидроксида никеля, еще и его металлические наночастицы.

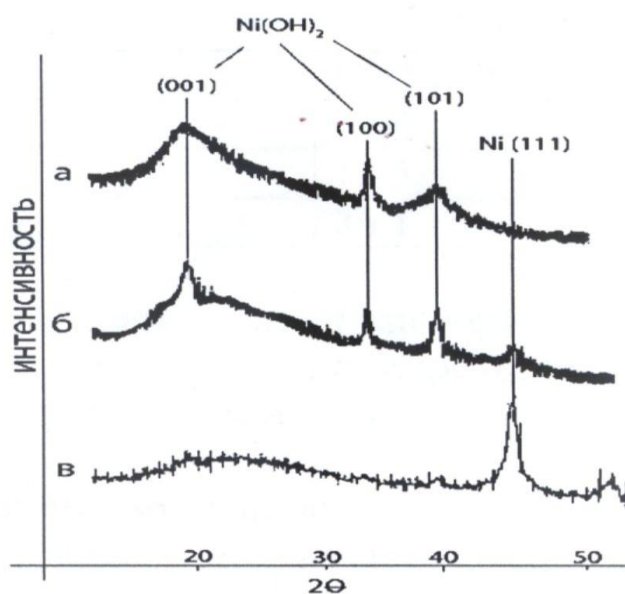


Рисунок 1 - Рентгенограммы образцов композитов ННУК-1 (а), ННУК-2 (б) и ННУК-3 (в).

Микрофотографии образца ННУК-2 представлены на рисунке 2.

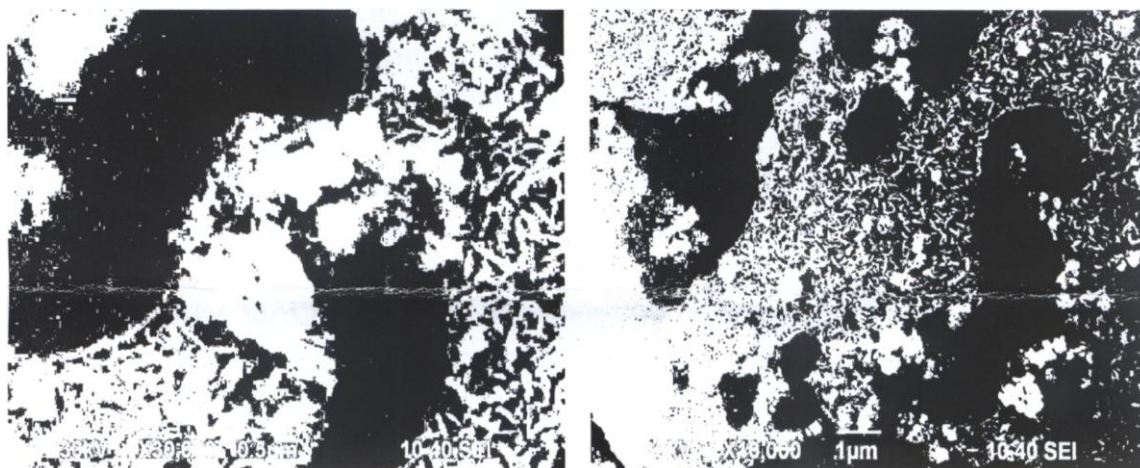


Рисунок 2 - Микрофотографии образца ННУК-2. Слева увеличение x30000, справа увеличение x10000.

На микрофотографиях образца ННУК-2 видны характерные для гидроксида игольчатые включения, покрывающие углеродную матрицу и сфероподобные образования, которые идентифицируются как металлический никель. Металлические наночастицы обнаруживаются лишь в местах образования гидроксидной фазы, что свидетельствует о том, что рост наночастиц никеля на поверхности углеродной подложки, происходит в основном через восстановление гидроксидной фазы металла, а не через осаждение наночастиц из раствора.

Состав композитов определялся рентгенофлуоресцентным анализом, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Состав образцов ННУК.

Элемент	ННУК-1	ННУК-2	ННУК-3
C	52.8	51.4	65.6
Ni	15.6	12.5	17.4
O	31.6	36.1	17

Резкое уменьшение концентрации кислорода у ННУК-3 по сравнению с ННУК-1 и ННУК-2 связано, как с переходом $\text{Ni}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ni}$, так и с освобождением части пор, что способствует выходу закрытой в них воды.

Выводы. Метод жидкофазного восстановления солей прекурсоров металлов в порах углеродной матрицы представляется весьма перспективным, т.к. позволяет обходиться без сложного аппаратного оформления, так как не требует высоких температур для пиролиза, карбонизации и восстановления водородом, проводится при атмосферном давлении в отличие от CVD. К основным преимуществам метода можно отнести получение высокочистых металлических наночастиц в порах

углеродного материала. В работе показана возможность получения никель-углеродного композита на мезопористом углеродном носителе. Определено, что зарождение металлической фазы на поверхности происходит из осевшей на поверхности углерода гидроксидной фазы.

Авторы благодарят к.х.н. Пугачева В.М. и к.ф.-м.н. Додонова В.Г. за помощь в проведении, исследований и обсуждении результатов, а так же д.х.н. Варнакова Ч.Н. за предоставленные углеродные материалы.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП КемНЦ СО РАН и поддержана грантами Минобрнауки РФ.

Библиографический список

1. Патент RU 2206394 С1, МПК⁷, В01J20/20, С01В31/12. Способ получения наноструктурированного углеродного материала / Варнаков Ч.Н., Сеит-Аблаева С.К., Козлов А.П., Рокосов Ю.В., Фенелонов В.Б., Пармон В.Н. Оpubл. 20.06.2003.

2. Манина Т.С., Федорова Н.И., Семенова С.А., Исмагилов З. Р. Переработка низкосортных окисленных углей с получением высокоэффективных углеродных сорбентов.// Кокс и химия. - 2012.-№ 3.- С. 43-46.

IV. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И УПРОЧНЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 620.22:[536.413.2:669.35]

НОВЫЙ ЛИТЕЙНЫЙ МЕДНЫЙ СПЛАВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ МЕТРОЛОГИИ

Долгова С.В., Хайруллин П.В.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Основными требованиями к материалам космической техники, в том числе, космической метрологии, являются низкие значения удельного веса и температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР). В настоящее время наиболее доступным материалом малой плотности является алюминий, имеющий высокий ТКЛР, а эталоном сплавов с низким КТР является тяжелый железоникелевый инвар (Fe – 36 % Ni). Попытки снижения ТКЛР алюминия привели к созданию нового типа сплавов – спеченных алюминиевых сплавов (САС). САС имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются высокая стоимость, сложная технология получения, неудовлетворительные механические свойства.

Выбор состава алюминиевого сплава с пониженными значениями ТКЛР, в основном, осуществляется по закону аддитивности, согласно которому снижение ТКЛР матрицы возможно при легировании металлом с меньшими значениями коэффициента линейного расширения. Однако, как установлено в экспериментальных работах, этот закон не всегда справедлив [1].

Одним из наиболее перспективных направлений при выборе состава алюминиевого сплава, является введение добавок меди, в то же время, общеизвестно, что элементом, в наибольшей мере снижающим коэффициент линейного расширения алюминия, является кремний [2, 3]. Кроме того, введение меди позволяет повысить жаропрочность сплава без его утяжеления. В настоящей работе было проведено легирование медью сплава Al – 30 % Si.

Был приготовлен сплав Cu – 30 % Si – 20 % Al. При температуре испытания 50 °С его КЛР составляет $\alpha = 6,97 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, тогда как КЛР сплава Al – 30 % Si – $\alpha = 15,16 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, а КЛР меди – $\alpha = 16,61 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹.

Проводилось изучение влияния термической обработки на линейное расширение приготовленного сплава. Образцы из сплава подвергались нагреву при температурах от 100 до 900 °С в течение 1 ч, результаты

приведены на рисунке 1. Установлена возможность снижения коэффициента линейного расширения во всем интервале температур испытания, так, после нагрева при 900 °С при $t_{исп} = 50$ °С $\alpha = 5,41 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Подобные значения характерны для высоколегированных дорогостоящих железоникелевых сплавов с большим удельным весом.

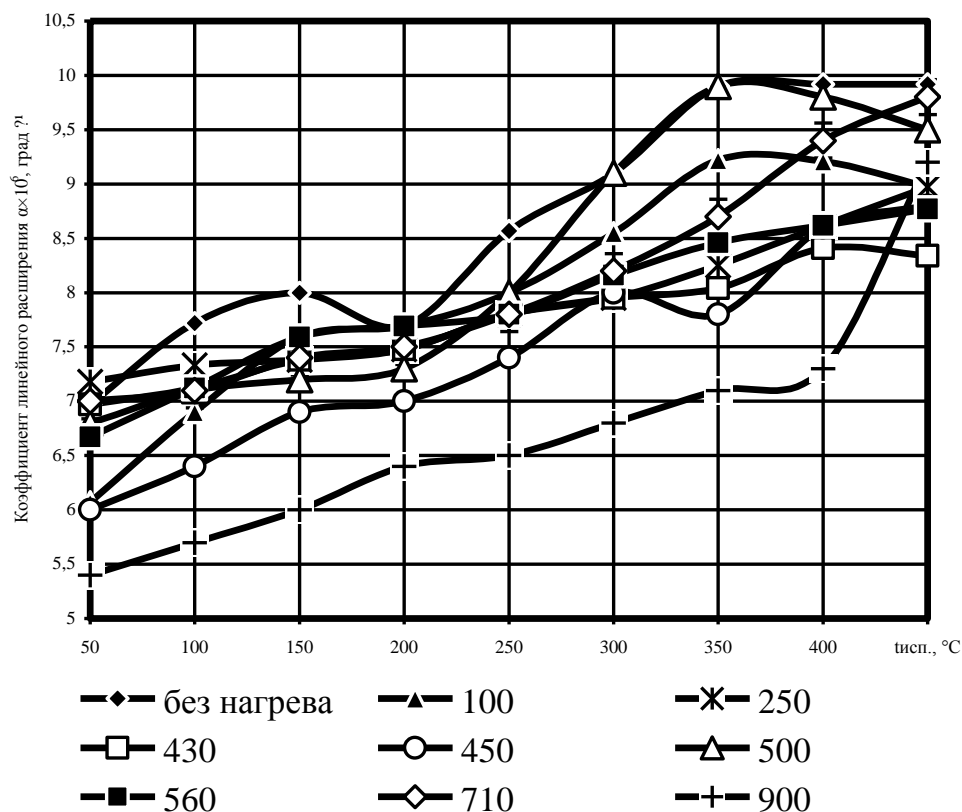


Рисунок 1 - Влияние нагрева ($\tau = 1$ ч, воздух) на линейное расширение сплава Cu – 30 % Si – 20 % Al

Согласно работе [4], ответственным за формирование свойств металлов и сплавов, в том числе тепловых, является водород. Простейшим методом оценки газосодержания является измерение плотности. В настоящей работе плотность измеряли методом гидростатического взвешивания, результаты чего приведены на рисунке 2. Видно, что наибольшее снижение плотности происходит после нагрева при 900 °С, что согласуется с максимальным снижением КЛР при этой температуре. Увеличение времени нагрева при 900 °С приводит к дальнейшему снижению плотности.

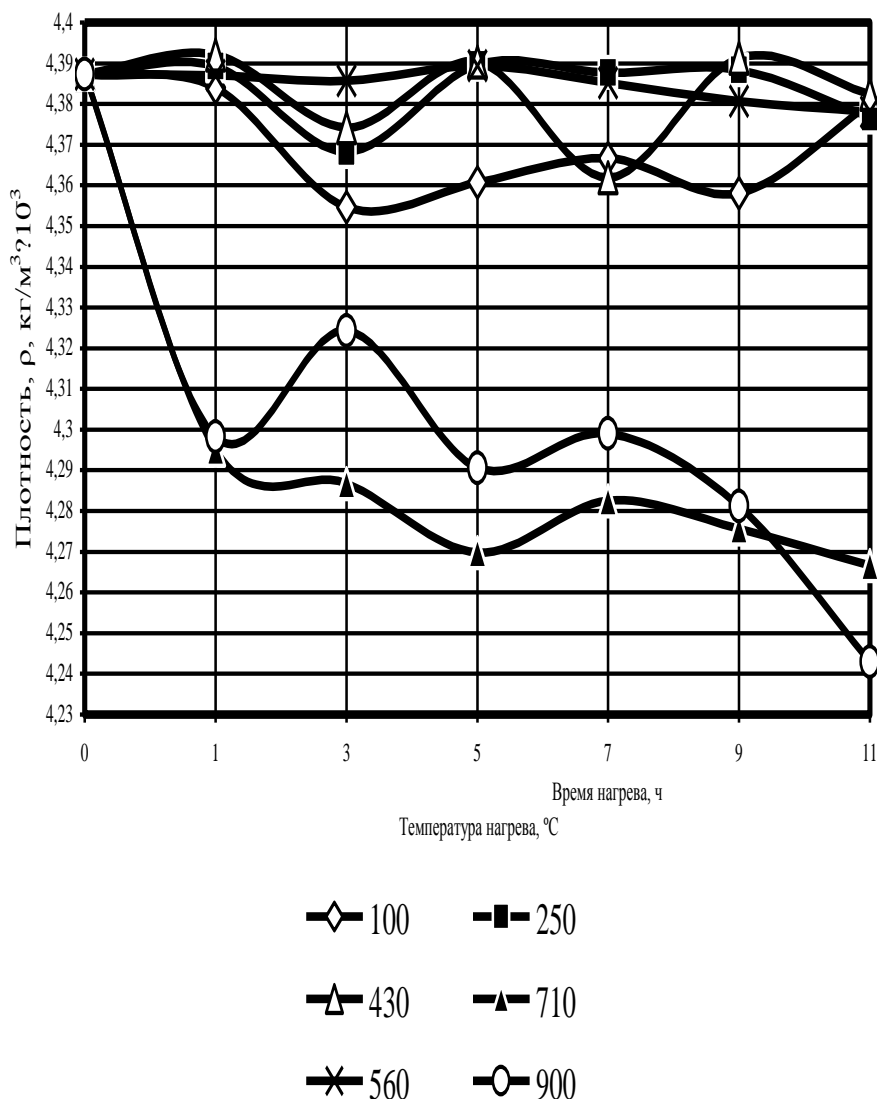


Рисунок 2 - Влияние нагрева на плотность сплава Cu – 30 % Si – 20 % Al

Так как нагрев при 900 °С эффективно снижает ТКЛР сплава Cu – 30 % Si – 20 % Al, была проведена циклическая термическая обработка настоящего сплава. Видно (рисунок 3), что увеличение количества циклов нагрева не приводит к дальнейшему снижению коэффициента линейного расширения. В связи с этим, были изменены условия эксперимента: температура нагрева была повышена до 1000 °С, а время выдержки сокращено до 10 мин (рисунок 4). Установлено, что циклический нагрев при выбранных условиях снижает ТКЛР при $t_{\text{исп}} = 50$ °С до значения $\alpha = 3,75 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ после 5 циклов обработки, а 3 цикла обработки приводят к стабилизации ТКЛР во всем интервале температур испытания.

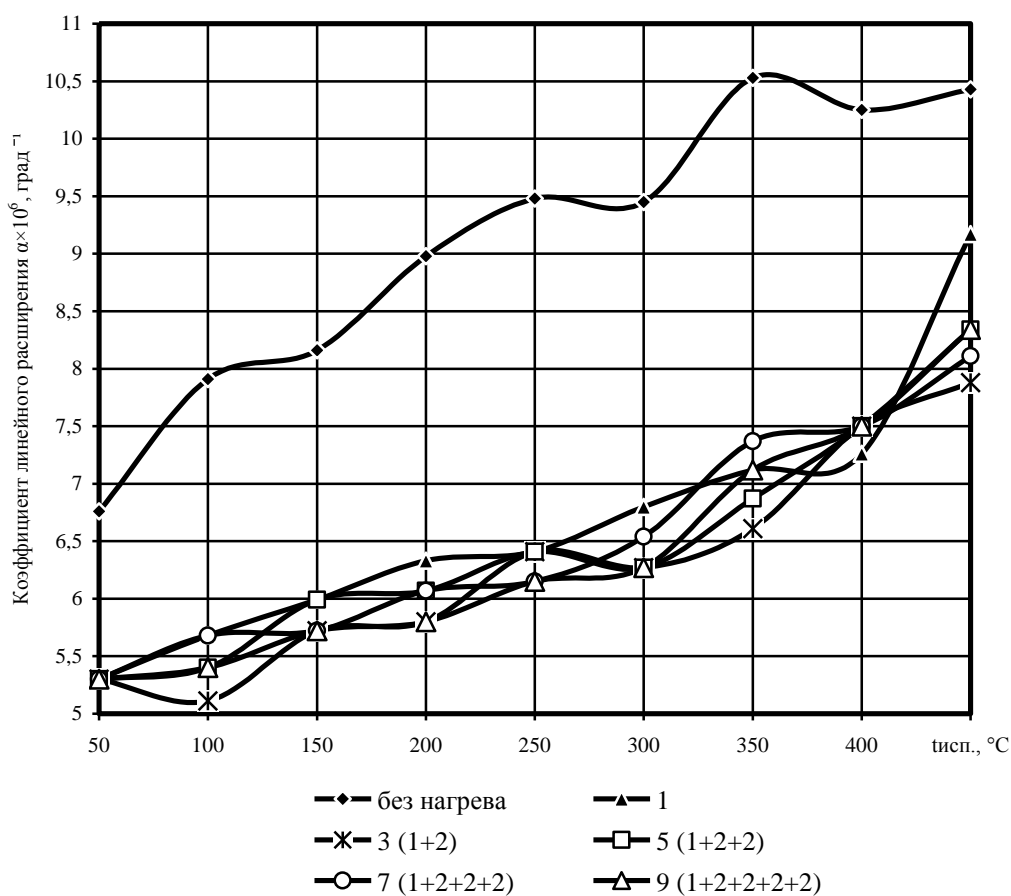


Рисунок 3 - Влияние циклического нагрева при 900 °С (воздух) на линейное расширение сплава Cu – 30 % Si – 20 % Al

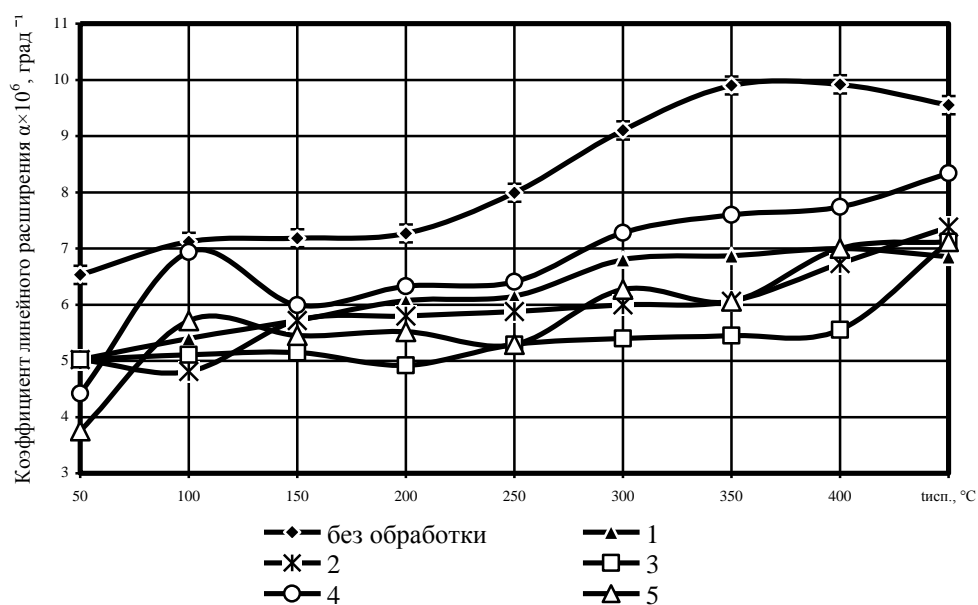


Рисунок 4 - Влияние циклического нагрева при 1000 °С (τ = 10 мин, воздух) на линейное расширение сплава Cu – 30 % Si – 20 % Al

Выводы:

1. Изучен сплав Cu – 30 % Si – 20 % Al, имеющий минимальные значения коэффициента линейного расширения, малый удельный вес и повышенную жаропрочность, предназначенный для применения в космической технике и метрологии вместо железоникелевых сплавов марок Н29К18 и Н30К13Д.

2. Разработка составов, способов приготовления и обработки новых сплавов целевого назначения, проводимая с учетом ведущей роли водорода в формировании структуры и свойств материалов, имеет широкие перспективы.

Библиографический список

1. Афанасьев В.К., Попова М.В., Ружило А.А., Фролов В.Ф. О влиянии легирования на тепловое расширение алюминия. Известия РАН «Металлы». - 2002. - №6. - С.32-38

2. Афанасьев В.К., Старостина М.А. Влияние меди на линейное расширение алюминия. Металлургия машиностроения, №3, 2010 г

3. Афанасьев В.К., Горшенин А.В., Попова М.В., Прудников А.Н., Старостина М.А. О влиянии кремния на тепловое расширение алюминия. Металлургия машиностроения, №6/ 2010, С. 23 – 26

4. Афанасьев В.К. Водородная платформа периодической системы элементов. Металлургия машиностроения. №2/ 2011, С. 21- 26.

УДК 620.22:[536.413:669,3]

**ВЛИЯНИЕ ТУГОПЛАВКИХ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА
ЛИНЕЙНОЕ РАСШИРЕНИЕ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ
СИЛУМИНОВ**

Харченко Е.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Согласно общепринятым представлениям металлы разделяются на переходные и непереходные. Как правило, переходные элементы являются тугоплавкими, а большое количество непереходных - легкоплавкими. Для введения легирующих тугоплавких элементов обязательным является приготовление промежуточных сплавов - лигатур, а легкоплавкие вводятся в чистом виде. Имеется большое количество данных о составе, свойствах и областях применения после различных видов обработки легированных сплавов на основе алюминия. Общим для всех является заключение о том, что сплавы Al — Si предназначены только для использования в качестве литейных. Кроме того, эти сплавы многоцелевого назначения не содержат добавки таких элементов, как висмут, свинец, сурьма вообще или в

значительных количествах. Вопрос о влиянии переходных, как правило, тугоплавких, металлов на линейное расширение алюминия и его сплавов для создания новых материалов приборной техники не изучен. Поэтому на кафедре физики металлов под руководством профессора Афанасьева В.К., были произведены исследования по изменению линейного расширения сплавов алюминия с кремнием, содержащих тугоплавкие элементы.

Было исследовано влияние Co на линейное расширение сплава Al-20%Si, влияние многократного нагрева на сплав Al-40%Si(5%Co), а также влияние добавок бериллия на линейное расширение сплава Al-30%Si.

Сплавы на основе Al - 20%Si. Влияние кобальта ($T_{пл}=1492^{\circ}\text{C}$) (Рисунок 1).

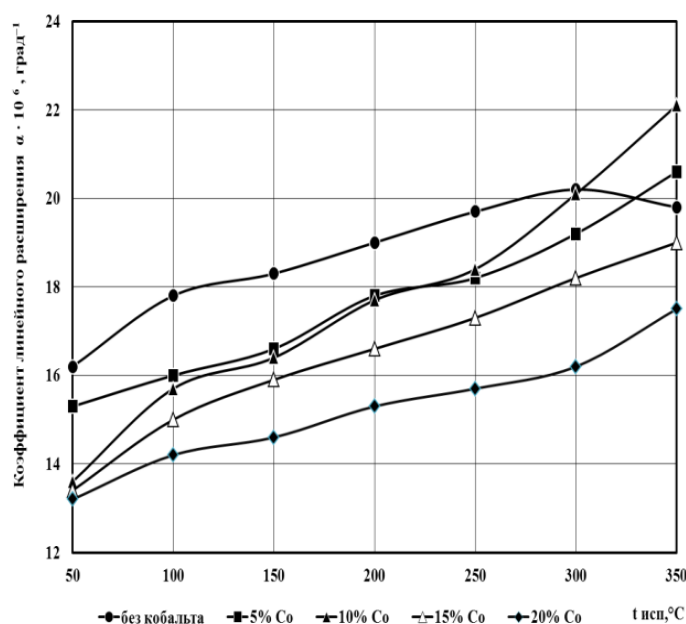


Рисунок 1 – Влияние кобальта на линейное расширение сплава Al - 20%Si

Было установлено, что введение в основу сплава Al - 20%Si) кобальта до 20% снижает коэффициент до значений $(13-14) \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, что соответствует сплаву Al-40%Si . Однако применение кобальта в больших количествах нецелесообразно, поскольку он придает сплаву очень высокую хрупкость и существенно увеличивает удельный вес. Высокая хрупкость обусловлена тем, что уже в сплаве Al - 20%Si - 5%Co помимо выделений кремнистой фазы наблюдаются интерметаллиды Al_9Co_2 Сплавы на основе Al - 40%Si. Легирование сплава Al - 40%Si тугоплавкими добавками даже при малых количествах легирующего элемента приводит к образованию интерметаллидов и при анализе поверхности разрушения наблюдается так называемый «камневидный» излом.

Коэффициент линейного расширения (рисунок 2,3) как и в предыдущем случае, практически не снижается, однако, проведение различных режимов термической обработки позволяет установить некоторое снижение коэффициента. Так, например, добавка 5% кобальта позволяет

получить после многократного нагрева сплава Al - 40%Si - 5%Co такой же коэффициент, как у сплава Al - 50%Si. Более того, при высоких температурах испытания сплав Al - 40%Si с кобальтом имеет необычно низкие значения коэффициента $\alpha=(8\div 6)\cdot 10^{-6}\text{град}^{-1}$.

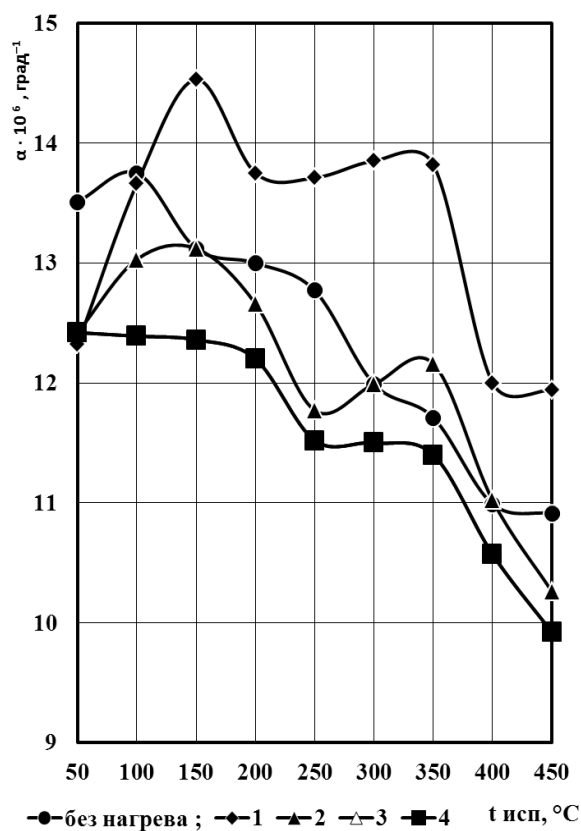


Рисунок 2 – Влияние многократного предварительного нагрева до 450 °С на линейное расширение сплавов Al - 40%Si

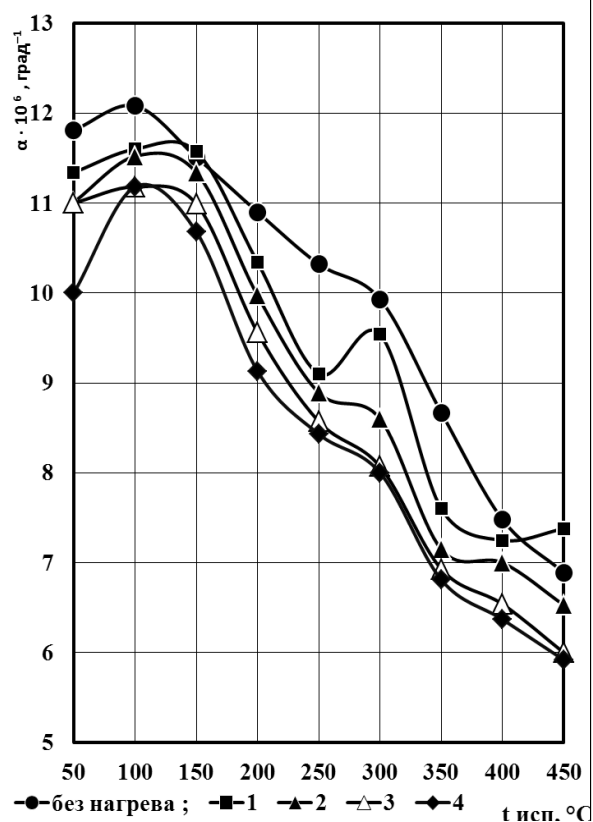


Рисунок 3 – Влияние многократного предварительного нагрева до 450 °С на линейное расширение сплавов Al-40%Si-5%Co (охлаждение на воздухе после каждого цикла)

Влияние бериллия. Бериллий в алюминиевые сплавы вводится, как правило, с единственной целью - предотвращение угара металла из расплава. Однако известно, что при выстаивании расплава происходит не только выгорание легирующих элементов, но и уменьшение газосодержания. Поскольку из всех газов, растворенных в алюминии, значительная доля принадлежит водороду, увеличивающему коэффициент линейного расширения алюминия, то следует ожидать противоположное действие бериллия. Другими словами, бериллий должен повышать коэффициент высококремнистых силуминов.

На рисунке 4 показано влияние бериллия на линейное расширение сплава Al-30Si, заливка которого проводилась с температуры 1050 градусов. Перегрев расплава снижает коэффициент основы, а добавки 0,1 и 3,9% Be удерживают эти низкие значения. И лишь только увеличение бериллия до 4,5% существенно повышает коэффициент.

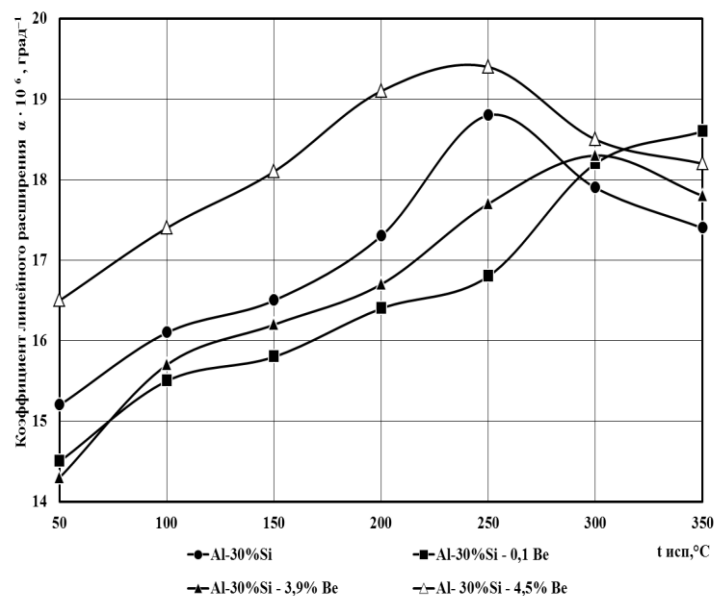


Рисунок 4 – Влияние бериллия на линейное расширение сплава Al-30%Si

В сплавах с содержанием кремния 40 и 50% введение 0,1% Be (рисунок 5) при низких температурах повышает коэффициент, а при высоких - снижает, причем с увеличением содержания кремния эффект усиливается, что также указывает на перспективность применения бериллия при разработке сплавов, работающих при высоких температурах.

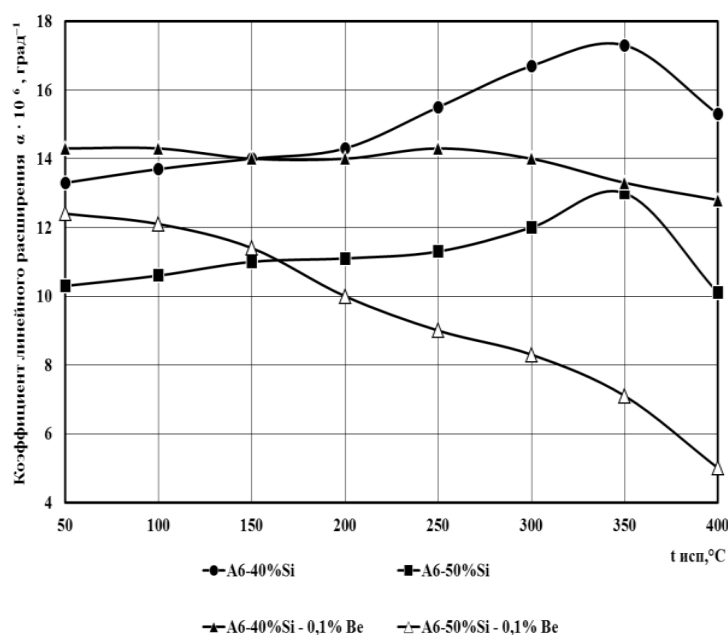


Рисунок 5 – Влияние 0,1Be на линейное расширение высококремнистых силуминов

Вывод: При разработке сплавов с малым тепловым коэффициентом линейного расширения применение тяжелых и дорогостоящих тугоплавких металлов не позволяет заменить легкий, наиболее дешевый и распространенный кремний.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al – Si – Be, ОБРАБОТАННЫХ ВОДЯНЫМ ПАРОМ

Андреев П.Г.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В современном металловедении одним из узловых вопросов является разработка новых композиций металлических сплавов с уровнем свойств более высоким по сравнению с имеющимися. Здесь особое место занимают сплавы для приборной техники, от которых требуются низкие значения температурного коэффициента линейного расширения в сочетании с необходимым уровнем механических свойств. В связи с этим в последнее время в мире уделяется большое внимание поиску композиций сплавов на основе алюминия, среди которых самой перспективной является система Al – Si. Главным препятствием для практического использования силуминов как конструкционного материала является их высокая хрупкость, поскольку для получения сплавов с низким температурным коэффициентом линейного расширения необходимо вводить в алюминий большое количество кремния.

Перспективными являются сплавы бериллия с 20...40% алюминия. Эти сплавы отличаются высокими механическими и технологическими свойствами при плотности не намного большей, чем у бериллия. Они обрабатываются значительно легче, чем чистый бериллий. Бериллий образует с алюминием диаграмму состояния эвтектического типа практически без взаимной растворимости. Структура сплавов бериллия с 20...40% Al представлена хрупкими сравнительно твердыми частицами бериллия и мягкой высокопластичной алюминиевой фазой. Алюминиевая фаза и придает сплавам достаточно высокую технологичность и пластичность [1, с.52].

Целью данной работы является исследование влияния термической обработки на свойства сплавов системы Al-Si-Be, обработанных водяным паром.

В настоящей работе, на первом этапе исследования сплавов ставилась задача: выяснить влияние легирующего элемента (Si) на линейное расширение сплавов системы Al – Si – Be, обработанных водяным паром 45 минут. Установлено, что самый низкий коэффициент линейного расширения в температурном интервале 50-200° С имеет сплав Al+3%Si+0,1%Be.

Отжиг при 435° С в течение 3 часов для сплава Al+1%Si+0,1%Be снижает коэффициент очень значительно с 23,0-30,7 до 17,23-19,30•10⁻⁶ град⁻¹.

Для дальнейшего исследования по результатам микроструктурного анализа был выбран сплав Al+3%Si+0,1%Be. Для указанного сплава были проведены дополнительные исследования.

Из графиков 1, 2, 3, 4 видно, что коэффициент линейного расширения сплава Al+3%Si+0,1%Be ($\tau_{обр}=45$ мин и 6 мин) остаётся довольно высоким, хотя при обработке расплава в течение 45 мин он несколько ниже.

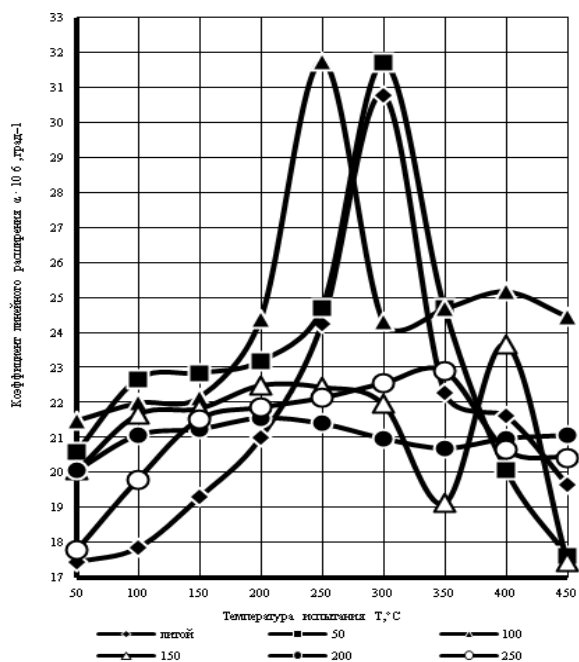


Рисунок 1 – Влияние температуры отжига на линейное расширение сплава Al – 3%Si – 0,1%Be

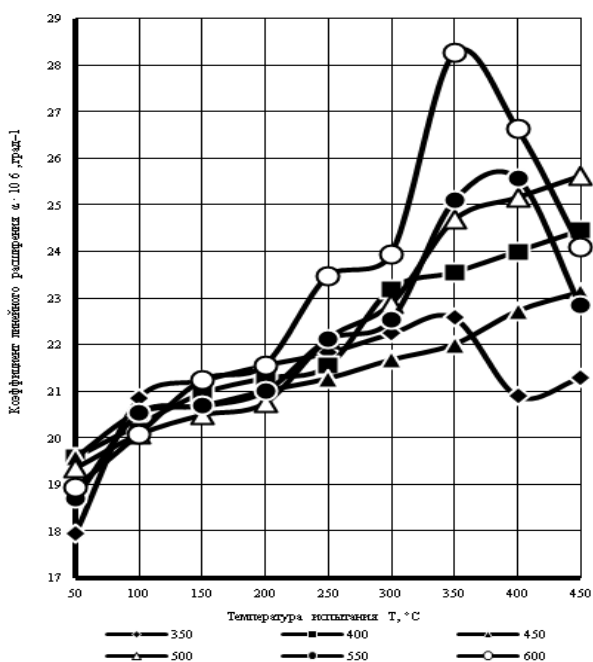


Рисунок 2 – Влияние температуры отжига на линейное расширение сплава Al – 3%Si – 0,1%Be

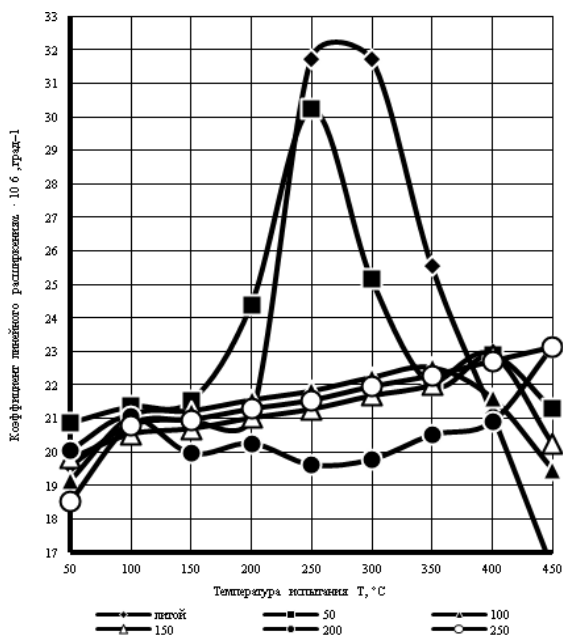


Рисунок 3 – Влияние температуры отжига на линейное расширение сплава Al – 3%Si – 0,1%Be

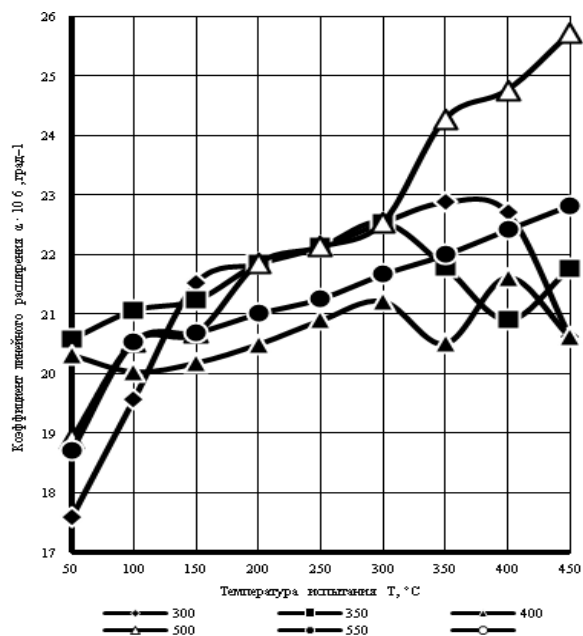


Рисунок 4 – Влияние температуры отжига на линейное расширение сплава Al – 3%Si – 0,1%Be

Плотность сплавов изменяется скачкообразно. Наибольшие значения плотности у сплава $Al+3\%Si+0,1\%Be$ (продувка водяным паром 45 минут). Плотность у этого сплава является также относительно стабильной (от 2,6504 до 2,6976 г/см³). Самые нестабильные значения плотности у сплава $Al+3\%Si+0,1\%Be$ (без обработки водяным паром). Здесь значения колеблются от 2,5521 до 2,7389.

В литом состоянии предел прочности имеет максимальное значение для сплава $Al+3\%Si+0,1\%Be$ (без продувки) и достигает 109,6 МПа. В термообработанном состоянии наибольшие значения предела прочности у сплава с содержанием кремния 7%. Отжиг выбранного сплава $Al+3\%Si+0,1\%Be$ при 250°С снижает предел прочности, что, вероятно, связано с выпадением продуктов старения по границам зёрен.

Пластичность у исследованных сплавов сравнительно высока, но снижается с увеличением содержания кремния. Отжиг повышает пластичность сплавов. Максимальная пластичность наблюдается у сплава с содержанием кремния 0,5% и она равна $\delta=16,65\%$.

По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. При увеличении содержания кремния пластичность у исследованных сплавов снижается;
2. Плотность исследуемых сплавов изменяется скачкообразно, но наибольшие значения плотности наблюдаются при увеличении времени продувки водяным паром и содержании кремния равного 3%;
3. Кремний повышает предел прочности сплавов в термообработанном состоянии;
4. Коэффициент линейного расширения для сплава $Al+3\%Si+0,1\%Be$ (продувка водяным паром 45 минут) снижается при температурах отжига 250-550° С, а для сплава $Al+3\%Si+0,1\%Be$ (продувка водяным паром 6 минут) коэффициент снижается при температурах 50-400°С.

Тройные сплавы системы $Al - Si - Be$ нуждаются в дополнительных исследованиях, так как имеют высокие значения прочности, пластичности, низкие значения коэффициента линейного расширения и являются довольно перспективными сплавами в техническом плане.

Библиографический список

1. Беляев А.И. Металловедение алюминия и его сплавов: Справ. изд. 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Металлургия, 1983. – 280 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ЛИНЕЙНОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЛАВА Al - 11% Si

Паутова Т.О.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Растущие требования к металлическим сплавам предусматривают, прежде всего, их легкость и низкую стоимость. В этом отношении особое внимание должно быть уделено сплавам на основе системы алюминий-кремний, которые в настоящее время широко известны в качестве литейных. Эти сплавы наиболее доступны к использованию, поскольку содержание кремния и алюминия в земной коре наибольшее по сравнению с другими традиционными легирующими элементами (кремния в земной коре содержится 29,5 %, а алюминия - 8,05 %). Именно это в ближайшем будущем определит наибольшую пригодность этих сплавов для изготовления различных изделий новой техники [1].

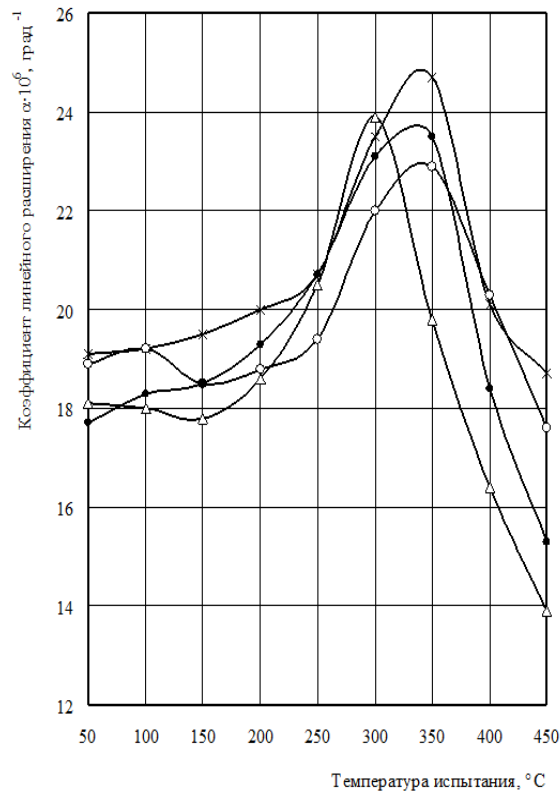
Существенным достоинством легирования алюминия кремнием является уменьшение удельного веса и коэффициента линейного расширения (КЛР). Наиболее ярко это проявляется при высоких содержаниях кремния. Однако низкие механические свойства этих сплавов в литом состоянии не позволяют применять их для изготовления нагруженных деталей и узлов изделий ответственного назначения. Обусловлено это присутствием в их структуре хрупких выделений кремнистой фазы.

Поэтому важной задачей является изучение влияния условий приготовления на КЛР сплава Al - 11% Si [2].

Исследовано влияние различных видов обработки: выстаивание расплава перед заливкой, выстаивание расплава в атмосфере водяного пара и выстаивание расплава совместно с продувкой водяным паром на КЛР.

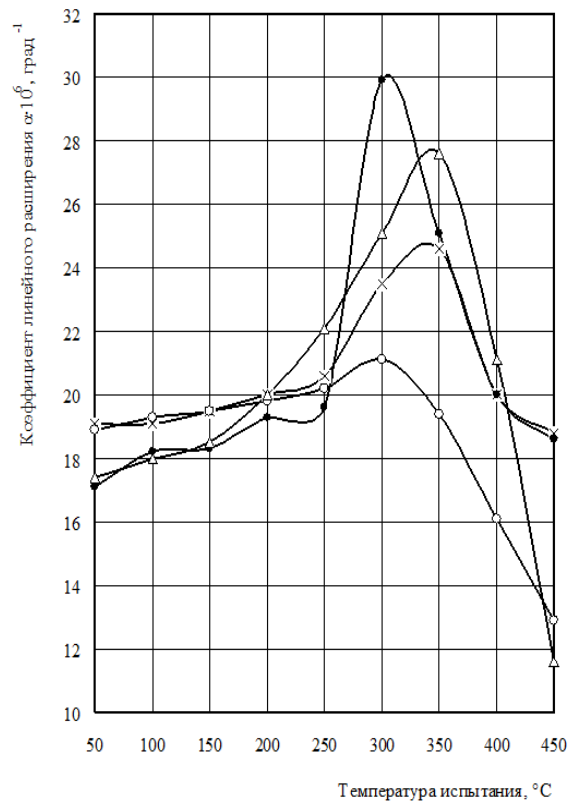
Установлено, что при выстаивание расплава в течение 0,5ч, КЛР не изменяется, а при увеличении времени выстаивания до 2,5ч (рисунок 1) наблюдается снижение КЛР сплава Al – 11%Si во всем интервале температур испытания ($t_{исп}$). Так, в интервале 50-200 °С исходный сплав (без обработки) имеет $\alpha_{ср} = 20,5 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, сплав после выстаивания ($\tau=2,5ч$) $\alpha_{ср} = 18,5 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹.

Выстаивание расплава в атмосфере водяного пара (рисунок 2) приводит к снижению КЛР начиная с 300 °С. При выстаивание в течение 0,5ч приводит к незначительным снижениям КЛР до температуры 250 °С. Дальнейшее повышение времени выстаивания до 1ч смещает максимум с температуры 350 °С на 300 °С. Выстаивание расплава в течение 2,5ч приводит к увеличению КЛР 250-400 °С (на 5-11 %).



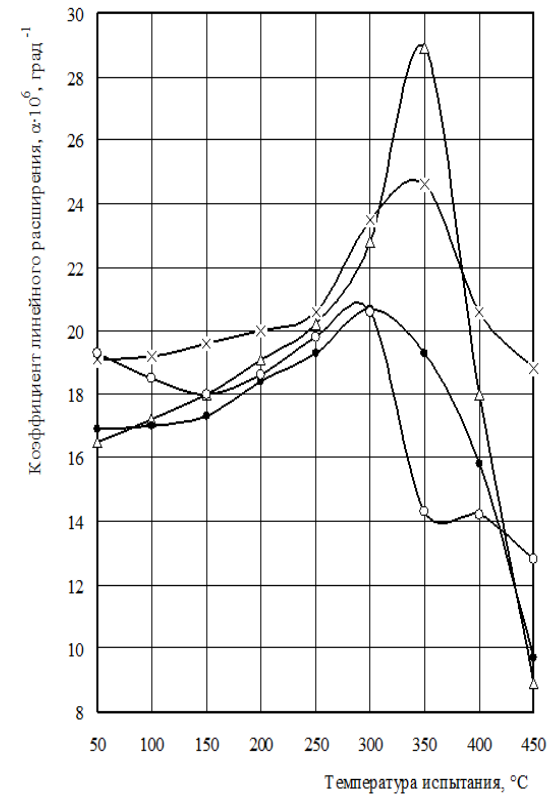
-×- без обработки; -○- 0,5ч; -●- 1ч; -Δ- 2,5ч

Рисунок 1 – Влияние времени выстаивания расплава перед заливкой на линейное расширение сплава Al – 11%Si ($t_2=690$ °C, кристаллизация в медную изложницу)



-×- без обработки; -○- 0,5ч; -●- 1ч; -Δ- 2,5ч

Рисунок 2 – Влияние времени выстаивания расплава в атмосфере водяного пара на линейное расширение сплава Al – 11%Si ($t_2=690$ °C, кристаллизация в медную изложницу)



-×- без обработки; -○- 0,5ч; -●- 1ч; -Δ- 2,5ч

Рисунок 3 – Влияние времени выстаивания расплава и продувки водяным паром на линейное расширение сплава Al – 11%Si ($t_2=690$ °C, кристаллизация в медную изложницу)

Выстаивание расплава совместно с продувкой водяным паром (рисунок 3) в течение 0,5ч дает снижение КЛР начиная с температуры испытания 100 °С до 450 °С. Максимальное снижение наблюдается при температуре 350 °С.

Увеличение до 1,5ч приводит к тому, что наблюдается снижение КЛР в области низких температур по сравнению со сплавом без обработки.

При изучении влияния условий приготовления сплава Al - 11% Si при температуре заливки 690 °С (кристаллизация в медную изложницу), было определено действие различных режимов обработки расплава (0,25-2,5ч). Изучены 3 режима обработки (1 режим - выстаивание расплава перед заливкой, 2 - режим выстаивание расплава в атмосфере водяного пара, 3 режим - выстаивание расплава совместно с продувкой водяным паром). По эффективности снижения КЛР 3 режим оказывается наиболее эффективным. Максимальное снижение КЛР наблюдается при температуре испытания 450 °С – $\alpha=8 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, такой коэффициент характерен для сталей и высокопрочных сплавов типа ковар.

Перспективность и необходимость дальнейших исследований по снижению КЛР не вызывает сомнений. Можно с уверенностью сказать, что в ближайшем будущем алюминий станет одним из самых ценных материалов с заданными свойствами и, возможно, в некоторых отраслях промышленности заменит другие, более дорогостоящие конструкционные материалы.

Библиографический список

1. Афанасьев В.К. Водород и свойства сплавов алюминия с кремнием [Текст] / В.К. Афанасьев, М.В. Попова, В.В. Герцен, М.К. Сарлин – Абакан: Хакасское кн. Издательства, 1998. – 192 с.

2. Алюминиевые сплавы. Металловедение алюминия и его сплавов: справочник [Текст] / под ред. М.Н. Фринляндера. – М.: Металлургия 1983. – 280 с.

УДК620.22:[536.413:669.3]

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЛИНЕЙНОЕ РАСШИРЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИЛУМИНОВ

Пятина Д.С.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Афанасьев В.К.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В наши дни трудно найти отрасль промышленности, где бы ни использовался алюминий или его сплавы - от микроэлектроники до тяжёлой металлургии. Силумины являются важнейшими алюминиевыми литейными сплавами, используемыми в промышленности. Сплавы этой группы

характеризуются хорошими литейными свойствами, сравнительно высокой коррозионной стойкостью, высокой плотностью, средней прочностью и применяются для сложных отливок.

Актуальность этой работы в том, что развитие современного машиностроения, авиастроения, космической техники предусматривает постоянный поиск новых материалов с более высокими свойствами по сравнению с имеющимися.

Учитывая физические и химические свойства алюминия, кремния и их большое количество в земной коре, можно сказать, что алюминий и кремний - самые перспективные материалы будущего.

Особенно актуальной в последнее время является разработка алюминиевых сплавов с низким коэффициентом линейного расширения.

В качестве характеристики теплового расширения принят коэффициент линейного расширения (КЛР). Для твердого тела КЛР представляет собой относительное изменение длины (или объема) при изменении температуры на один градус и, следовательно является мерой легкости, с которой происходит увеличение амплитуды тепловых колебаний атомов при повышении температуры.

Алюминиевые сплавы, как правило, подвергаются отжигу, закалке и старению. Отжигом устраняется неравновесное состояние структуры, обуславливающее наличие нежелательных механических свойств.

Закалка алюминиевых сплавов применяется для повышения прочности и возможности последующего упрочнения старением. В результате закалки в сплаве получается неравновесная структура однородного пересыщенного твердого раствора легирующих элементов в основном металле.

Цель работы: изучить влияние ТЦО на ТКЛР сплавов АК7, АК9, АК12, АЛ30.

Результаты исследования влияния термоциклической обработки (ТЦО) на коэффициент линейного расширения (КЛР) сплава АК7(АЛ9) приведены на рисунке 1.

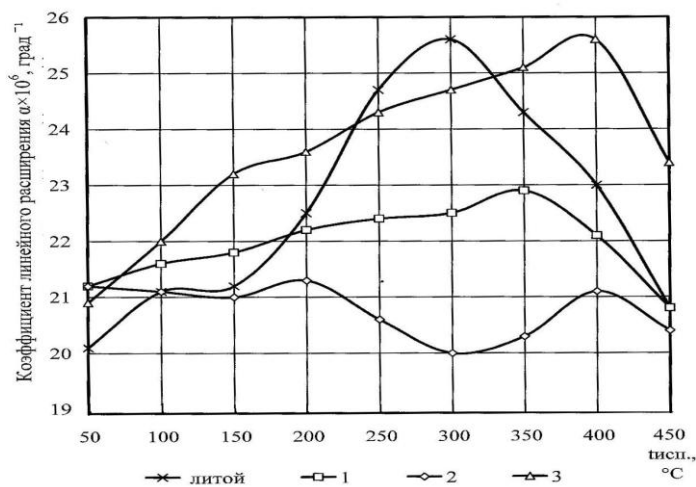


Рисунок 1- Влияние термоциклической обработки(1цикл : 200 °С, 15мин.-535 °С,15мин.-200 °С,15мин.) на линейное расширение сплава АК7

Видно, что кривая сплава в литом состоянии в области низких температур идет с небольшим увеличением КЛР, но после $t=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ коэффициент линейного расширения резко возрастает, а при $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ наблюдается аномальное линейное расширение.

После проведения ТЦО 3 циклами повышение КЛР идет на протяжении всего интервала температур. Наилучшее линейное расширение наблюдается после 2 циклов ТЦО. Дальнейшее повышение циклов не целесообразно.

Для сплава АК9(АЛ4) была проведена ТЦО по 2 режимам.

На рисунке 2 показано, что повышение коэффициента линейного расширения при низких температурах испытания наблюдается для всех циклов ТЦО. ТЦО в течении 1 и 2 циклов полностью устраняет пик для литого состояния сплава АК9. ТЦО 2 циклами привело к наибольшему снижению КЛР.

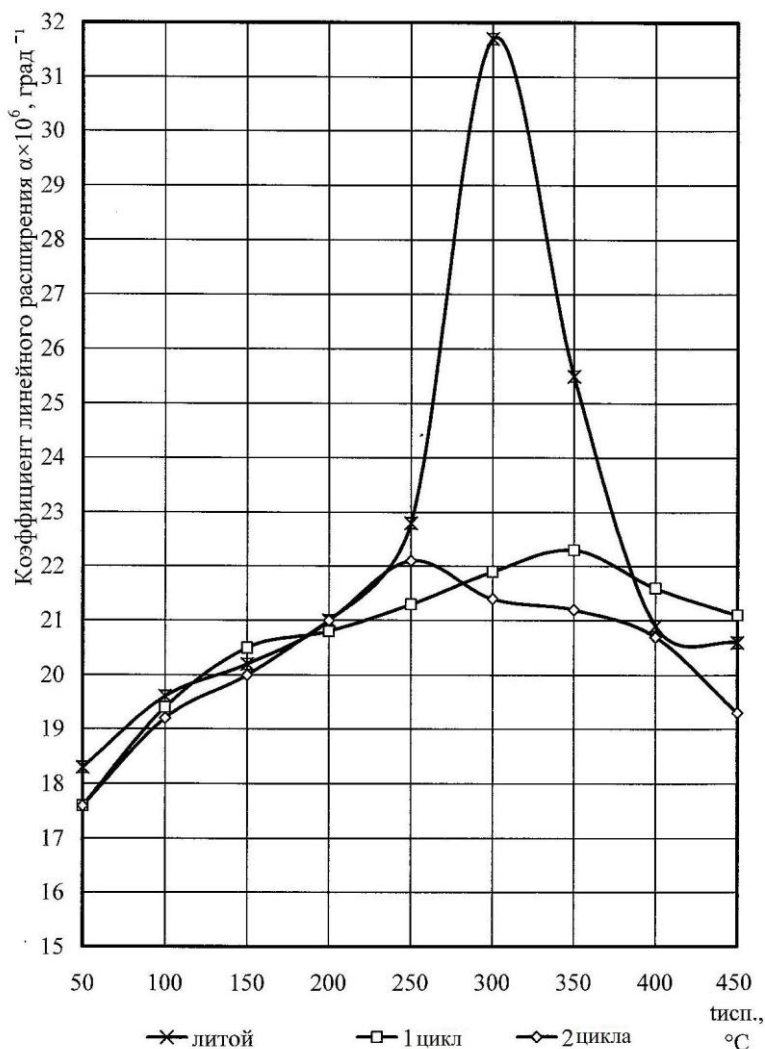


Рисунок 2- Влияние ТЦО (1цикл: 200-300 $^{\circ}\text{C}$,30мин.) на линейное расширение сплава АК9 (АЛ4)

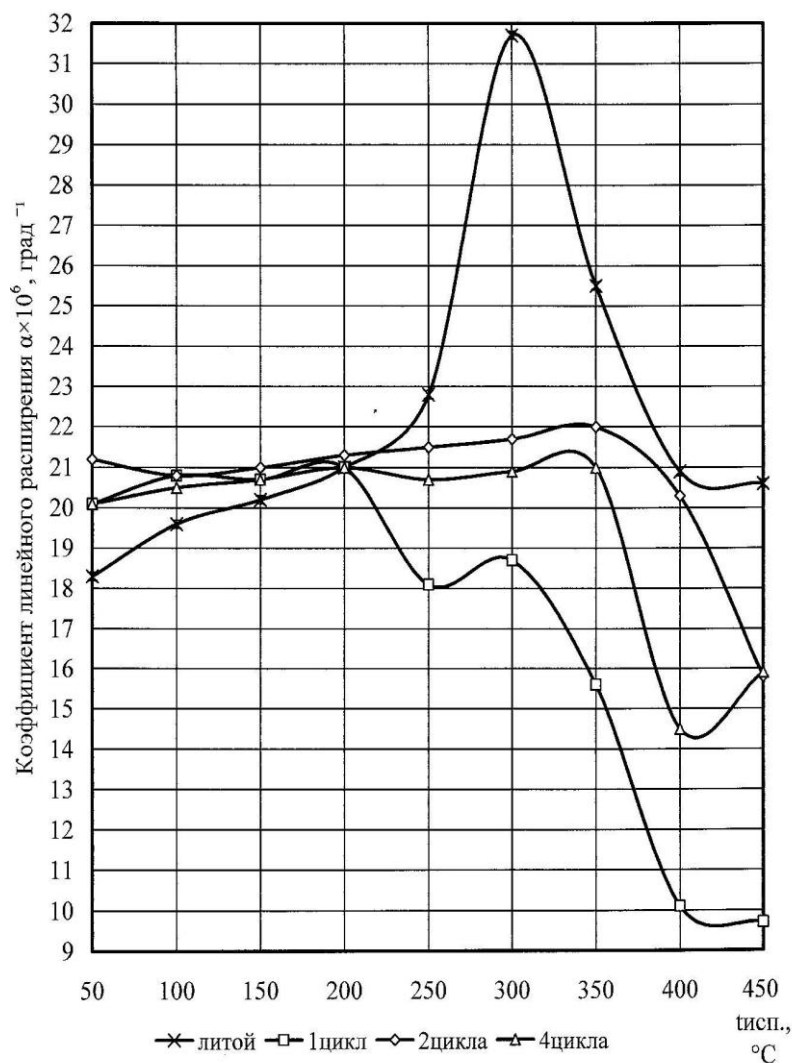


Рисунок 3- Влияние ТЦО (1цикл : 175 °С,30мин.-535 °С,15мин.-175 °С,30мин.) на линейное расширение сплава АК9 (АЛ4)

Из рисунка 3 видно, что после ТЦО 1 циклом происходит некоторое повышение КЛР по сравнению с исходным(литым) сплавом, особенно это заметно после 2-х циклов. При повышении температуры испытания до 250 °С происходит снижение КЛР термоциклированных образцов, наиболее существенное уменьшение ТКЛР происходит после 1 цикла ТЦО. Дальнейшее увеличение количества циклов повышает ТКЛР. В интервале 250-350 °С для исходного сплава наблюдается аномальное линейное расширение, которое полностью исчезает после ТЦО.

Результаты исследования влияния ТЦО на КЛР сплава АК12(АЛ2) приведены на рисунке 4.

Из приведенных данных следует, что при низких температурах испытания ($t=50-100$ °С) термоциклирование приводит к некоторому повышению коэффициента линейного расширения(примерно на 2-8%). 1 цикл ТЦО повышает ТКЛР во всем интервале температур испытания, кроме 400-450 °С. В интервале 250-450 °С происходит понижение линейного расширения после всех режимов ТЦО. Особенно существенно после 2

циклов. Увеличение количества циклов до 3 привело к некоторому повышению КЛР (по сравнению с 2 циклами), следовательно, более 3 циклов ТЦО нецелесообразно с точки зрения понижения линейного расширения.

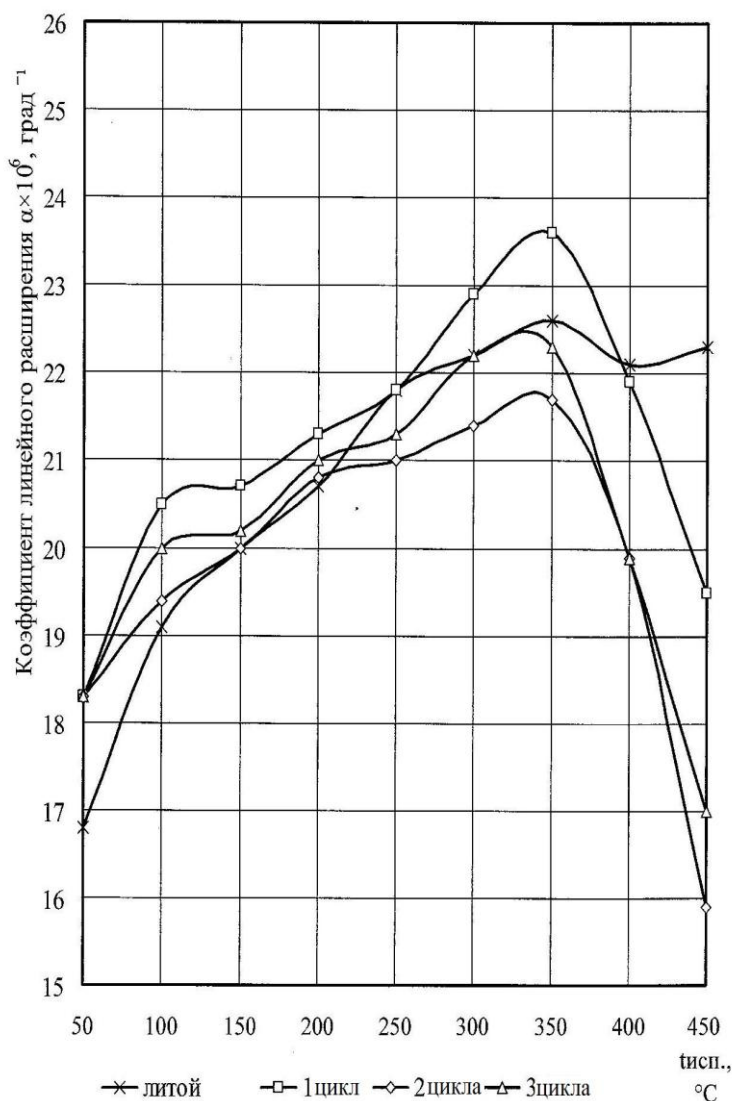


Рисунок 4-Влияние ТЦО (1 цикл: 300 °С, 15мин.-535 °С,15мин.-300 °С) на линейное расширение сплава АК12(АЛ2)

Для сплава АЛ30 была проведена обработка по 2 режимам.

Результаты влияния ТЦО на КЛР приведены на рисунке 5.

Установлено что ТЦО сплава АЛ30 при режиме №1 и режиме №2 способствует повышению КЛР в интервале температур испытания 50-200 °С, за исключением 1 цикла ТЦО по режиму №1 после которого значение КЛР ниже чем у исходного при t=150-200 °С. Режим №2 обеспечивает наиболее существенное повышение КЛР. После ТЦО исчезает аномальное расширение, характерное для литого сплава который проявляется в интервале 200-300°С, при более высоких температурах

испытания 300-400 °С. Режим ТЦО №2 приводит к значительному снижению КЛР по сравнению с исходным литым состоянием.

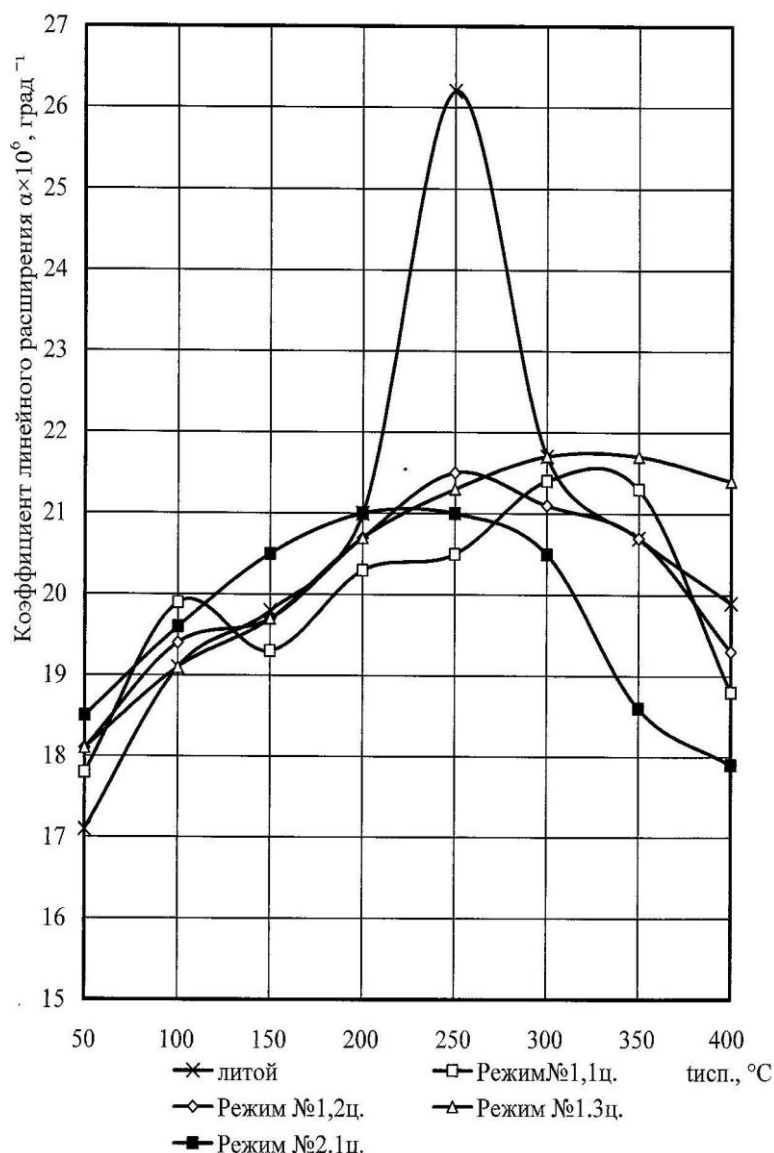


Рисунок 5-Влияние ТЦО(Режим №1,1цикл ТЦО : 200-300 °С,15мин; режим №2,1 цикл ТЦО : 200-300 °С,30мин.) на линейное расширение сплава АЛ30

Выводы:

Установлено, что термообработка оказывает значительное влияние на линейное расширение алюминиевых сплавов. Было исследовано влияние низкотемпературной термоциклической обработки на примере сплавов АК7, АК9, АК12, АЛ30. Установлено, что возможно снижение линейного расширения в интервале температур испытания 50-450 °С.

На сплаве АК9 при температуре испытания 400-450 °С, 1цикл : 175 °С,30мин.-535 °С,15мин.-175 °С,30мин. достигнуто $9,8-10 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Такие значения характерны для тяжелых сплавов на основе железа, имеющие ограниченное применение в авиастроении и космической технике.

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА ФРАГМЕНТА РАЗРУШЕННОЙ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ

Иванов А.А.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Морозов В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

На металлографическую экспертизу был предоставлен фрагмент колесной пары № 00056306373 пассажирского вагона № 097 214224, клеймо завода изготовителя №8 – Нижне-Тагильского металлургического комбината, номер колеса №188178, номер плавки 269969, марка стали СТ.2 для определения предположительной причины образования выщербины. Год изготовления колесной пары 2010.

В целях повышения уровня безопасности движения и качества цельнокатаных колес с 26 мая 2004 г. был введен ГОСТ 10791-2004 « Колеса цельнокатаные. Технические условия».

ГОСТ 10791-2004 распространяется на цельнокатаные колеса для колесных пар грузовых и пассажирских тележек вагонов локомотивной тяги, пассажирских, маневровых и грузовых локомотивов, путевых машин, немоторных вагонов электро- и дизель-поездов магистральных железнодорожных дорог колеи 1520мм.

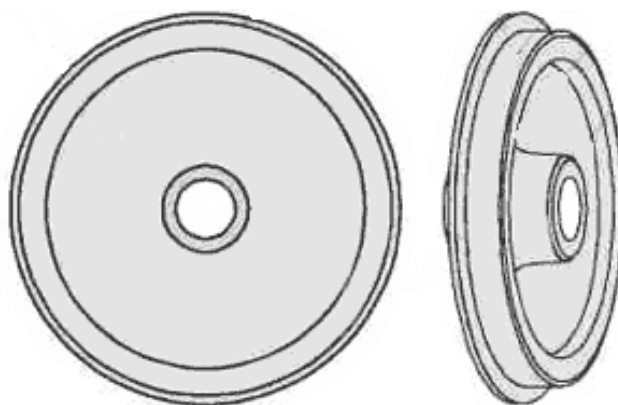


Рисунок 1- Колесо цельнокатаное

Исследование структуры металла

Для проведения исследования были подготовлены две поперечные вырезки цельнокатаного колеса с выщербинами 24x5мм, глубиной 2-3мм и 12x5мм, глубиной 2-3мм. Плоскости исследования ориентированы параллельно и перпендикулярно оси вращения колеса.

Металлографическое исследование было проведено с помощью микроскопа ЛабоМет-И 3 при увеличении x100, x500 для травления использовался спиртовой раствор HNO_3 .

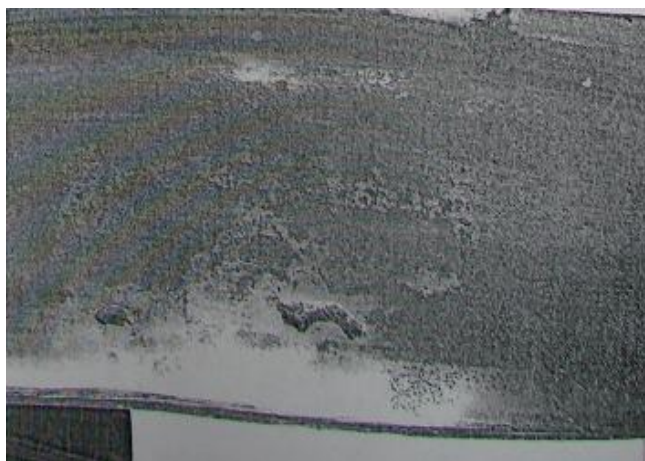


Рисунок 2 – Общий вид повреждения

Исследование на степень загрязнённости стали неметаллическими включениями

Методы изучения, оценки и классификации стали на степень загрязнённости неметаллическими включениями регламентированы в ГОСТ 1778-70. Анализ проводился на нетравленных шлифах по методу Ш4 (на наиболее загрязнённом месте шлифа). В результате анализа загрязнённости установлено, что основным видом неметаллических включений являются сульфиды и оксиды. Степень загрязнённости стали включениями данного типа соответствует балу 2-3, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 10791-2004 (максимально допустимое значение – балл 3).

На глубине 3мм от поверхности металла, в районе выщербины, обнаружены расслоения металла, соединённые между собой трещинами.



Рисунок 3 – Расслоение металла соединённое трещиной (x100)

Исследование микроструктуры

При исследовании установлено, что микроструктура металла колеса у поверхности состоит из троостита, а на глубине 30мм состоит из троосто-сорбита. На поверхности и в глубине структуре обнаружены небольшие выделения феррита по границам зёрен.



(x100)

(x500)

Рисунок 4 – Микроструктура металла колеса

Измерение твёрдости материала.

На основании измерений твёрдости образцов по Роквеллу», установлено, что твёрдость у поверхности катания 30-40 HRC, на глубине 30мм составляет 26-28 HRC, что соответствует требованиям ГОСТ 10791-2004 (твёрдость на глубине 30мм должна составлять 24-26 HRC).

Результаты проведенной экспертизы:

1. Количество неметаллических включений не превышает требования ГОСТ 10791-2004. Микроструктура стали колеса у поверхности состоит из троостита, а на глубине 30мм имеет троостито-сорбитный характер.

2. На глубине 3мм от поверхности металла в районе выщербины обнаружены участки расслоения металла, соединённые между собой трещинами.

3. Твёрдость материала составляет 26-28 HRC, что соответствует ГОСТ 10791-2004.

Заключение

На основе результатов проводимого исследования можно сделать вывод о том, что основной причиной, приведшей к появлению выщербины на поверхности катания колеса, по-видимому, являются расслоения, образовавшиеся в результате заката шлаковых включений, что относится к дефектам металлургического происхождения и является недопустимым дефектом.

Библиографический список

1. ГОСТ 10791-2004. Колеса цельнокатаные. Технические условия.– введ. 2003-05-26. – М.: изд-во стандартов, 2002.-31с.
2. ГОСТ 1778-70. Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений.– введ. 1970-12-29. –М.: Государственный комитет стандартов, 1970.-35с.

**МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛА
ФРАГМЕНТА РАЗРУШЕННОЙ БУКСОВОЙ ПРУЖИНЫ,
ПРИНАДЛЕЖАЩЕЙ ОАО « ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПАССАЖИРСКАЯ
КОМПАНИЯ»**

Давыдова К.А.

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Морозов В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

На металлографическую экспертизу был предоставлен фрагмент наружной буксовой пружины пассажирского вагона №087 20344 (клеймо завода изготовителя 93 55С2х87М) на соответствие ГОСТ 14959-79, ТУ 32 ЦЛ 0141-05, ГОСТ 1778-70 и определения предположительных причин разрушения. Пружина изготовлена из стали 55С2.

В целях повышения уровня безопасности движения и качества винтовых цилиндрических пружин с 5 декабря 2003 г. был введен ГОСТ 1452-2003 «Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно тяговых приборов подвижного состава железных дорог» и ТУ 0141-05 «Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно тяговых приборов подвижного состава железных дорог».

ГОСТ14959-79 и ТУ 0141-05 распространяется на цилиндрические винтовые пружины сжатия из стали круглого сечения, работающие при продольных и комбинированных нагрузках. Пружины применяют в рессорном подвешивании, возвращающих и амортизирующих устройствах на тележках, подвесках тяговых электродвигателей, ударно тяговых приборах подвижного состава и специального подвижного состава железных дорог широкой и узкой колеи.

Исследование структуры металла.

В лаборатории было проведено исследование структуры металла разрушенной буксовой пружины (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид фрагмента разрушенной пружины с изломом

Металлографическое исследование было проведено с помощью микроскопа ЛабoМет-И 3 при увеличении x100, x500 для травления использовался 4% спиртовой раствор HNO₃.

Исследование на степень загрязнённости стали неметаллическими включениями.

Методы изучения, оценки и классификации стали на степень загрязнённости неметаллическими включениями регламентированы в ГОСТ 1778-70. Анализ проводился на нетравленых шлифах по методу Ш4 (на наиболее загрязнённом месте шлифа). В результате анализа загрязнённости установлено, что основным видом неметаллических включений являются сульфиды и оксиды (рисунок 2). Степень загрязнённости стали включениями данного типа соответствует балу 5 по ГОСТ 1778-70, это существенно превышает требования ГОСТ 14959-79 (допускаемое значение-балл 3)



Рисунок 2 – Расслоение металла соединённое трещиной (x100)



Рисунок 3– Степень загрязнённости стали включениями (x500)

Исследование микроструктуры

При исследовании установлено, что микроструктура пружинной стали состоит из феррита и сорбита с выделением видманштеттова феррита по границам зёрен.



Рисунок 4 – Выделение видманштеттова феррита по границам зёрен (x500)

ТУ 32 ЦЛ 0141-05 регламентируют термическую обработку пружин – закалка со средним отпуском. Структура пружинной стали после данного вида термообработке должна соответствовать трооститу отпуска, выделение феррита по границам зёрен не допускается. Наличие видманштеттова феррита по границам зерен свидетельствует о нарушении технологии термической обработке и недостаточного нагрева материала перед проведением закалки, а так же приводит к снижению прочностных характеристик изделия и повышенной хрупкости стали.

Измерение твёрдости материала

На основании проведённых измерений твёрдости образцов, изготовленных из предоставленной пружины, установлено что твёрдость составляет 43-47 HRC. Полученные данные не соответствуют требованиям ТУ 32 ЦЛ 0141-05, для стали 55С2 в термически обработанном состоянии твёрдость должна составлять 30 HRC. Высокая твёрдость материала свидетельствует о нарушении технологии термической обработки пружины, в частности недостаточной температуре отпуска.

Результаты проведенной экспертизы:

1. Количество сульфидов и точечных оксидов не превышает требования ГОСТ 14959-79. Материал пружины имеет трооститную микроструктуру с недопустимым выделением видманштеттова феррита и свидетельствует о нарушении технологии термической обработке.

2. Твёрдость материала составляет 43-47 HRC, что соответствует ГОСТ 1452-2003.

Заключение

Основной причиной, разрушению пружины, может являться:

1. Исчерпание усталостной прочности металла пружины в процессе эксплуатации;

2. Способствующий фактор – наличие в структуре стали низкопрочного видманштеттова.

Библиографический список.

1. ГОСТ 1452-2003 « Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно тяговых приборов подвижного состава железных дорог»ГОСТ 1778-70 « Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений».

2. ГОСТ 14959-79 «Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия.

3. ТУ 0141-05 « Пружины цилиндрические винтовые тележек и ударно тяговых приборов подвижного состава железных дорог».

4. ГОСТ 1778-70 Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений.

СОЗДАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ СПЛАВОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Шевченко Р.А.

Научный руководитель: к.т.н., проф. Рудаков С.Г.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Еще совсем недавно потеря зуба была настоящей проблемой, в особенности актуальной и важной в пределах территорий с недостатком фтора, где кариес является эндемическим заболеванием. Для того чтобы предотвратить смещение других зубов, даже при удалении одного зуба стоматологи рекомендуют как можно более раннее протезирование. Однако при потере одного зуба часто приходится надевать коронки и на соседние зубы, для чего их опиливают и удаляют из них нервы. При потере многих зубов, или при концевых дефектах изготавливали громоздкий и неудобный съемный протез, который мог смещаться и выпадать, приводя в замешательство при разговоре или в процессе приема пищи. Да и просто не хочется носить съемный протез, даже если он хорошо и надежно фиксируется...

В настоящее время альтернативой съемным протезам могут являться зубные имплантаты. Множество исследований и большой клинический опыт показали, что зубные имплантаты – это надежный метод протезирования, который решает множество проблем, связанных с применением съемных протезов. Протезирование с использованием имплантатов сегодня широко и повсеместно применяется в современной стоматологии. Несмотря на обилие всевозможных металлических соединений, в медицине используются только единицы. Это связано с тем, что от металлических материалов требуется проявление функциональных свойств в сочетании с безопасностью и долговечностью. Сочетание этих трех качеств является чрезвычайно редким для материалов вообще, а для металлов – в частности. В значительной степени этим требованием отвечают новые имплантационные материалы – сплавы на основе титана и никеля («никелид титана» либо, как принято за рубежом, - «нитинол»). Эти сплавы, наряду с общими достоинствами титановых сплавов: прочностью, износостойкостью и высокой биологической совместимостью, обладают еще и особым свойством – термомеханической памятью, или «памятью формы», т. е. способностью восстанавливать свою первоначальную форму после значительной предварительной деформации. Это дает дополнительное удобство при введении имплантата. Широкое применение находит никелид титана в технике: в авиастроении, кораблестроении, тепловых сигнализациях. Меняя процентное содержание элементов, можно регулировать температуру восстановления формы и механические характеристики сплавов (рисунок 1).

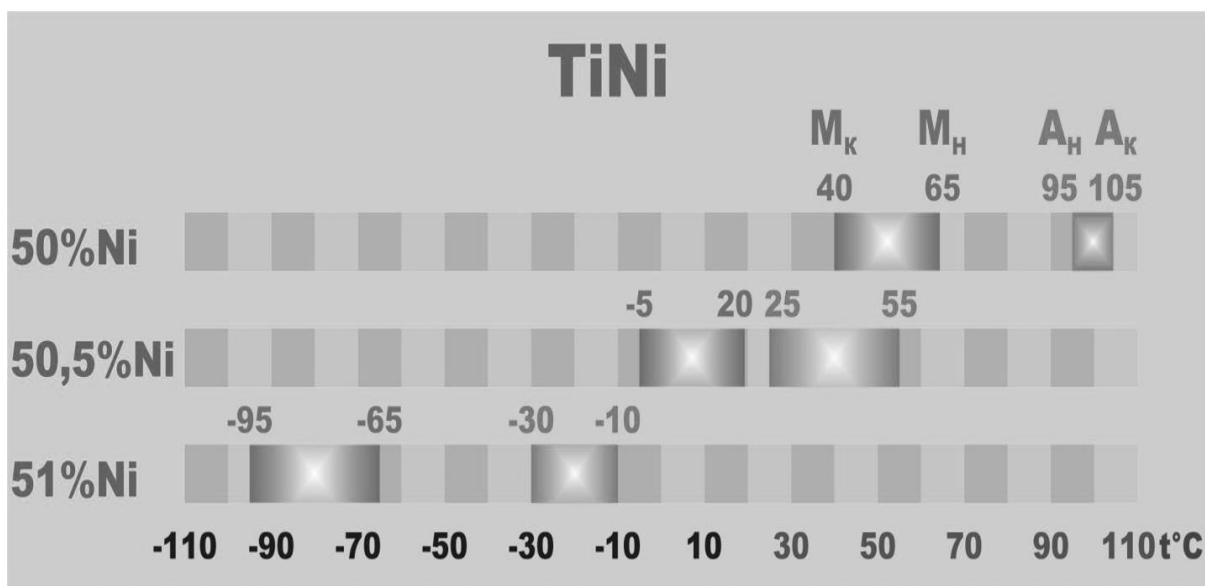


Рисунок 1- Зависимость температуры фазовых превращений от содержания элементов.

Сварка как важный (а часто и основной) технологический процесс во многих сферах деятельности в значительной мере определяет общий уровень развития науки и техники. Сварка и родственные технологии обеспечивают создание машин и конструкций новых поколений, и сегодня мы уже можем уверенно говорить об успешных научных исследованиях и разработках по использованию сварочных технологий в различных областях медицины. Сварка на данное время во многих процессах практически незаменима как с экономической стороны, так и с технологической.

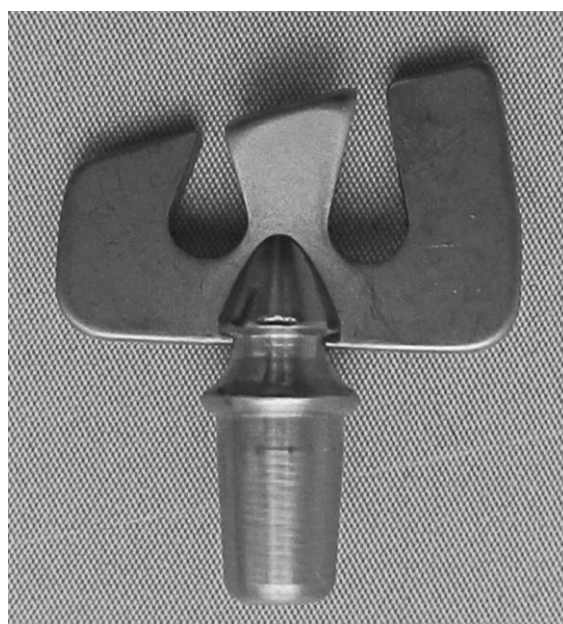


Рисунок 2 – Общий вид имплантата.

Учеными разработано достаточно широкая гамма погружных стоматологических имплантатов, отличающихся как формой, так и конструкцией. Возможный вариант изделия представлен на рисунке 2. Имплантат является составным, к тому же материал тела и ножки может быть различным.

Основные затруднения при сварке титана и его сплавов, к которым относится и нитинол, связаны с высокой химической активностью материалов по отношению к газам при нагреве и расплавлении. Так при температурах 350°C и выше начинается активное поглощение кислорода. Повышается прочность и снижается пластичность.

При нагреве до температуры 550°C и выше поглощается азот, образуя малопластичные фазы. Все это приводит к охрупчиванию металла и образованию холодных трещин.

У нитинола также существует и проблема сохранения термомеханической памяти.

При применении способов сварки плавлением (аргонодуговая сварка, лазерная, электронно-лучевая) было выяснено, что никелид титана чувствителен еще и к термическому циклу. При относительно долгом нагреве и охлаждении наблюдается рост зерна. Так же при охлаждении могут образоваться хрупкие фазы. В результате появляется неоднородность сварного соединения. В значительной мере изменяется форма изделия, что в данном случае не желательно.

Поэтому было решено использовать метод сварки с более концентрированным источником энергии, а именно контактную сварку. Предварительно была проведена сварка на машине рельефной сварки на жестких режимах. Эксперимент показал возможность получения сварного соединения, однако необходимо было изыскать возможность ужесточения режима сварки. Это возможно применением способа конденсаторной сварки.

На кафедре МиТСП СибГИУ начаты работы по разработке экспериментальной установки.

На настоящий момент реализована пневматическая часть установки. Компрессор накачивает воздух в ресивер до необходимого значения давления (усилия сжатия для создания необходимых деформаций). При включении электроклапана, сжатый воздух подается в цилиндр, создается давление действующее на поршень, что приводит к перемещению верхнего электрода. Для снятия усилий происходит тот же процесс, но давление уже создается с обратной стороны поршня. Она позволяет регулировать усилие сжатия электродов в пределах от 50 до 500 кН. Плавность хода поршня пневмоцилиндра обеспечивается наличием дроссельного клапана. Управление процессом осуществляется переключателем S1.

УДК 621.01

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ К ДИНАМИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ В СИСТЕМЕ T-FLEX

Андреева Я.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жуков И.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Под сборочной трёхмерной моделью в T-Flex CAD понимается такая модель, в составе которой участвует геометрия других 3D моделей, хранящихся в отдельных файлах. В сборочном документе всегда сохраняется связь с документом элемента сборки (детали). При работе со сборкой система следит за состоянием используемых файлов. В случае изменения файла детали система сделает запрос на обновление данных. Каждый обновленный компонент будет заново пересчитан и загружен в сборку. Сборочная модель не может использоваться без своих компонентов, но каждый файл, участвующий в сборке, может быть вполне самостоятельным документом, и в свою очередь также может являться сборкой. Количество уровней вложенности подборок не ограничено.

Во многих случаях удобно взять уже готовую модель и включать её в состав сборки, задав положение. Этот способ проектирования сборок условно называется «снизу вверх». При таком подходе в системе T-Flex элементы сборочной модели называют 3D фрагментами. По этой схеме удобно проектировать сложные сборки или типовые механизмы, содержащие значительную долю унифицированных деталей. Для данного метода можно выделить ряд характерных преимуществ:

– проектирование деталей в отдельном файле, позволяющее разделить на компоненты и упростить общий процесс проектирования составного изделия;

– возможность использования одного и того же 3D фрагмента в разных сборочных документах, составление библиотек часто используемых параметрических 3D фрагментов.

При создании моделей механических систем решение задачи привязки 3D фрагмента к сборке осуществляется с использованием сопряжений. Инструмент «Сопряжений» позволяет располагать детали в соответствии с заданными геометрическими условиями. Эти условия задают взаимное расположение объектов трёхмерной модели (граней, рёбер, вершин, характерных точек, осей поверхностей вращения и т.д.) друг относительно друга. Система автоматически решает набор сопряжений и находит

расположение объектов, удовлетворяющее заданным условиям. Сопряжения позволяют заложить в модель механизма определённые свойства, определить, как его компоненты перемещаются и вращаются относительно других деталей. Отношение между двумя компонентами является ассоциативным. Если переместить одну деталь, то другая деталь переместится вместе с ней. Модель механизма, спроектированную при помощи сопряжений, можно заставить двигаться (рисунок 1).

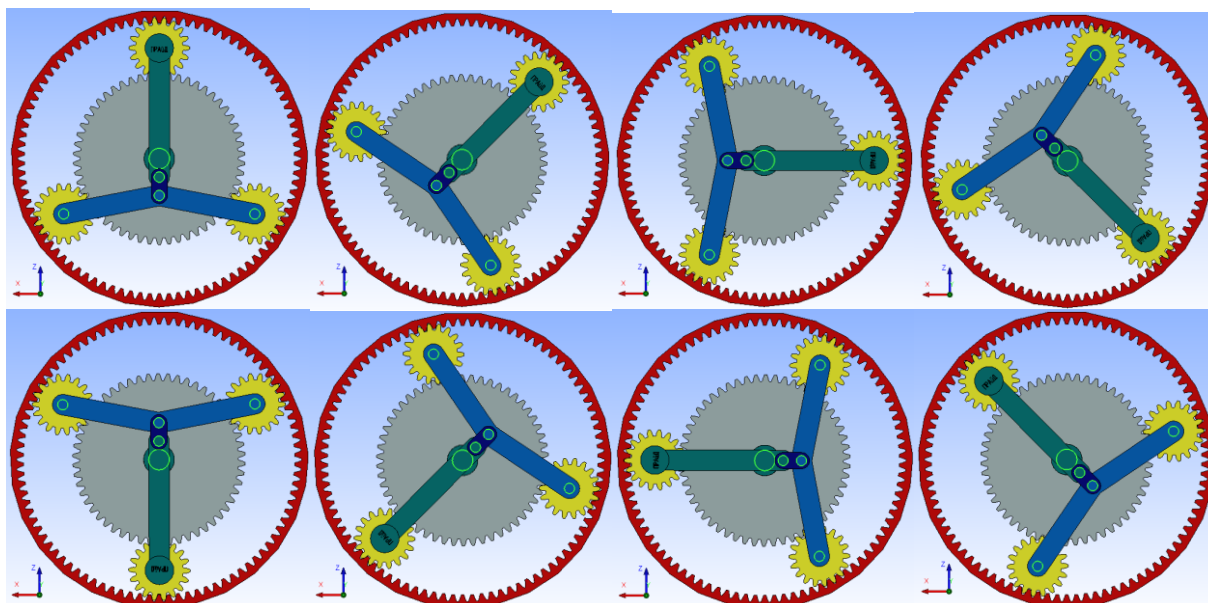


Рисунок 1– Трёхмерная модель трехсателлитного планетарного механизма с четырехзвенной группой Ассура в движении

Сопряжения накладываются на пару геометрических объектов. Они либо связывают между собой два компонента, либо привязывают одно тело к внешней среде (закреплённому объекту). Закреплённым объектом называется такой объект, у которого ограничены все степени свободы, или его положение в пространстве остаётся постоянным. Рекомендуется, чтобы, по крайней мере, один компонент механизма был зафиксирован в пространстве. Это создаёт «опору» для всех других сопряжённых деталей и может предотвратить неожиданное перемещение компонентов механизма.

Каждое сопряжение является объектом модели, занимающим своё место в её структуре. Как полноценный объект системы сопряжение имеет имя, рабочие свойства, отображается в структуре 3D модели. Пользователь может гасить часть сопряжений, чтобы на время исключать их из общего решения. Это позволяет экспериментировать с различными типами сопряжений без переопределения взаимосвязей механизма.

Возможны следующие типы сопряжений: совпадение, параллельность, перпендикулярность, касание, соосность, расстояние, угол, передачи типов «колёса», «винт», «отношение линейных скоростей». Для создания нового сопряжения нужно выполнить следующие действия после вызова команды «Сервис | Сопряжения | Создать сопряжения»: 1) выбрать тип сопряжения

(рисунок 2); 2) выбрать первый объект; 3) выбрать второй объект; 4) задать параметры выбранного типа сопряжения (при необходимости); 5) подтвердить выбор.

В качестве примера на рисунке 3 показан трёхсателлитный планетарный механизм [1], собранный в системе T-Flex [2] из отдельных деталей на основе сопряжений.

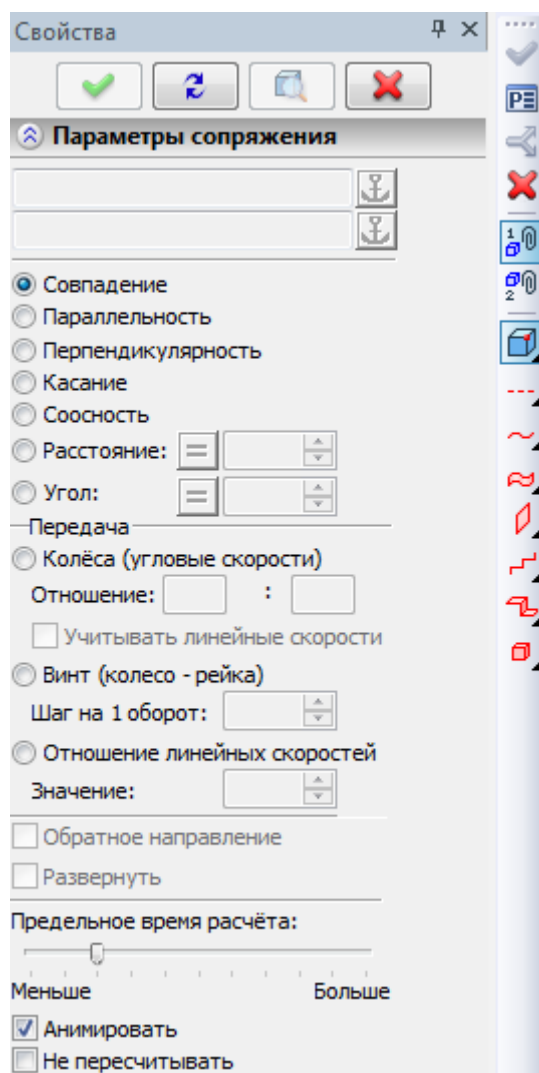


Рисунок 2 – Выбор типа сопряжения

Всего в представленной модели планетарного механизма задано 10 сопряжений, из них 5 – соосность, 5 – расстояние. Сопряжение типа «соосность» задано между центральным и опорным колесами, между центральным колесом и водило, между сателлитами и водило. Сопряжение типа «расстояние» задано равным 0 между торцевыми поверхностями всех зубчатых колес (чтоб зубья не выходили из плоскости зацепления), и 2 мм между торцевой поверхностью водила, обращенной к зубчатым колесам, и соответствующей торцевой поверхностью центрального колеса (во избежание наложения элементов модели в процессе движения).

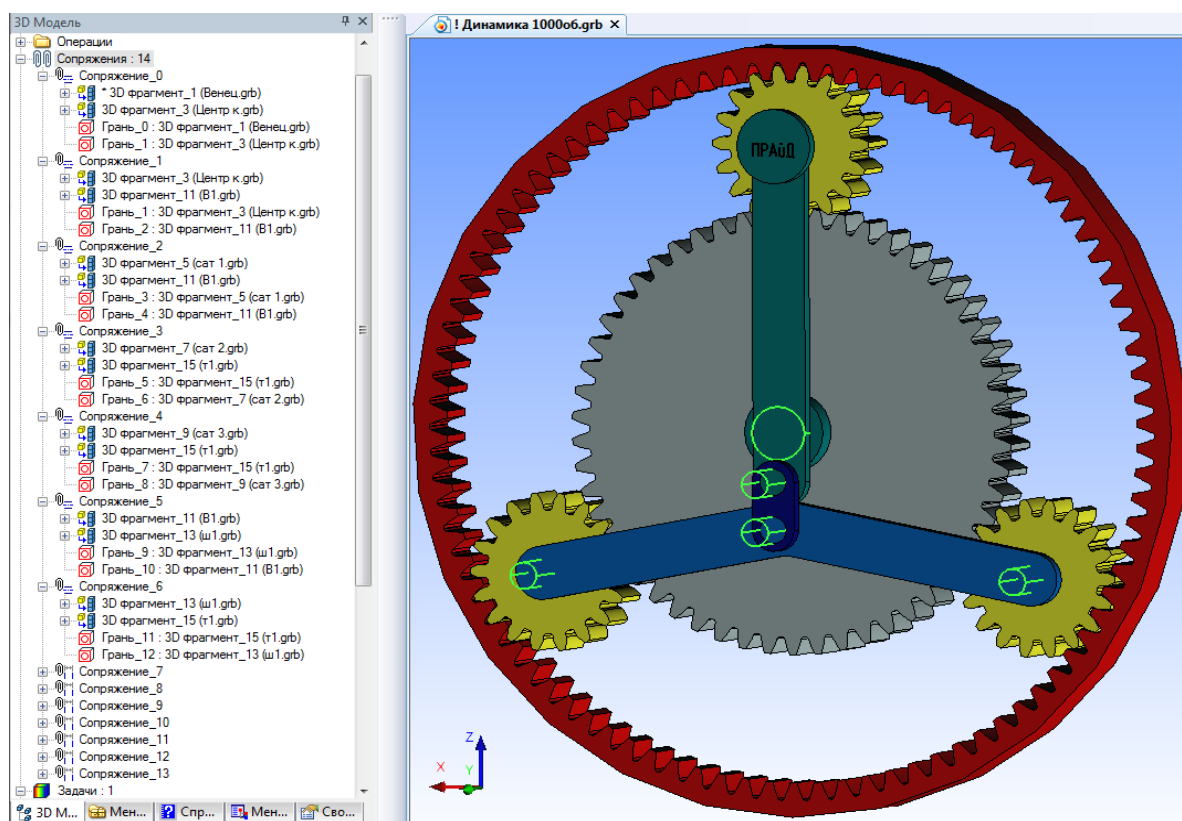


Рисунок 3 – Сборка трёхсателлитного планетарного механизма

Необходимо также отметить, что в представленном примере зубчатые колеса предварительно были повернуты и размещены в файлах деталей так, чтобы они располагались сразу на том месте, где планируется их установка в сборке, и чтобы зубья сопрягаемых колес не налагались друг на друга. Указанное действие, как правило, является обязательным при создании моделей зубчатых механизмов. В случае же, к примеру, создания рычажных механических систем детали конструкции в исходных файлах могут располагаться в пространстве произвольно.

Созданная на основании вышеизложенных рекомендаций трёхмерная твердотельная сборочная модели конструкции может быть в дальнейшем исследована в модуле T-Flex «Динамика» на предмет анализа траектории движения отдельных звеньев и точек механика, определения кинематических и силовых параметров системы.

Библиографический список

1. Патент №2419006. Самоустанавливающийся планетарный механизм / Дворников Л.Т., Дмитриев В.В., Андреева Я.А. – №2010108197; приоритет от 04.03.2010; опубл. 20.05.2011, Бюл. №14.
2. Свидетельство №2013616940. T-Flex ПРАЙД/ Андреева Я.А., Жуков И.А. (РФ) – №2013612210; поступление 11.03.2013; зарегистр. 26.07.2012.

РЕШЕНИЕ ГРУППЫ АССУРА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЯТИСАТЕЛЛИТНОМУ ПЛАНЕТАРНОМУ ЗУБЧАТОМУ МЕХАНИЗМУ

Герасимов С.П.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Дворников Л.Т.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В работе [1] автором было показано, что при условии применения в планетарном редукторе более одного сателлита, механизм теряет свою подвижность. Чтобы этого не происходило, все сателлиты следует связывать в кинематические цепи, обладающие нулевой подвижностью, т.е. в группы Ассура.

Рассмотрим решение кинестатики десятизвенной группы нулевой подвижности, представленной в виде самоустанавливающейся системы пяти сателлитного планетарного редуктора (рисунки 1, 2).

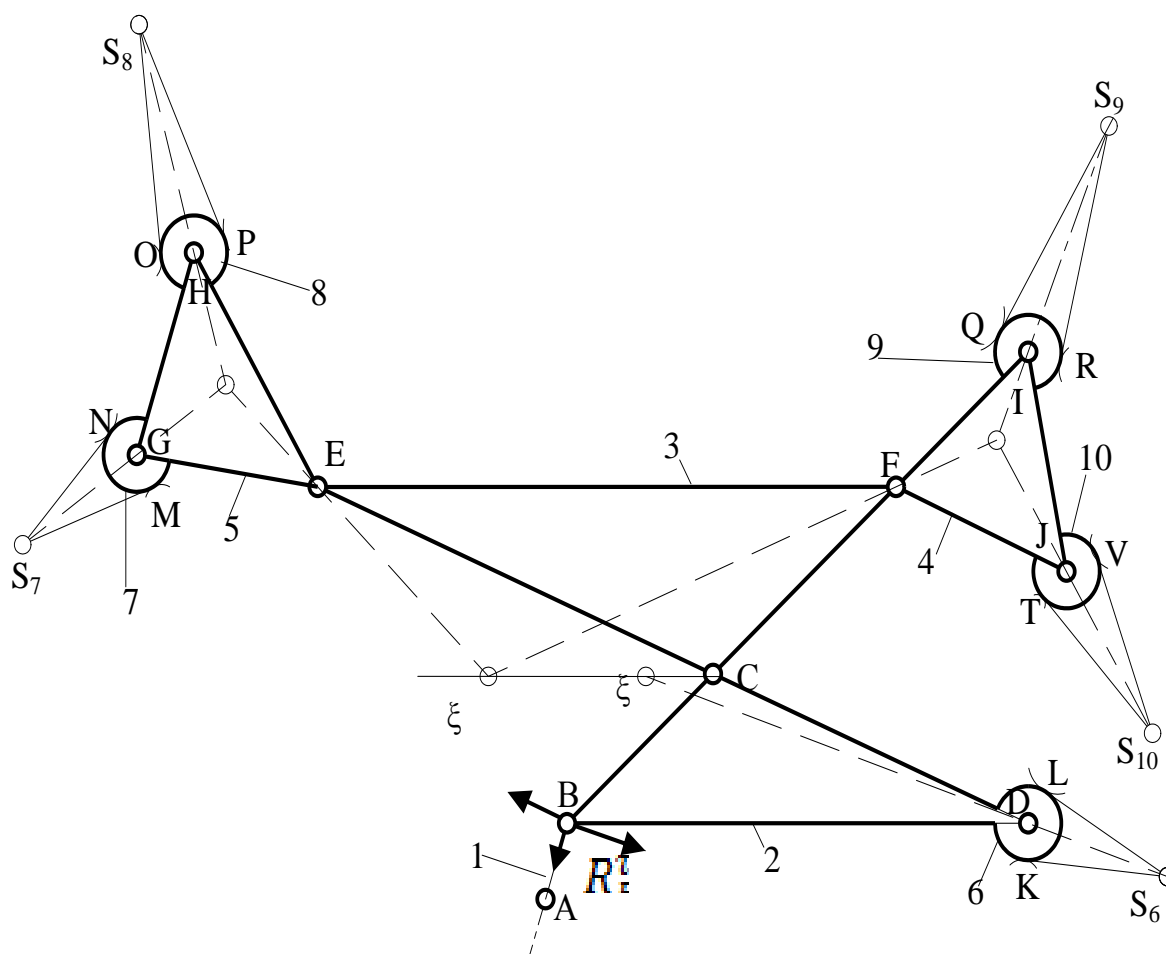


Рисунок 1 – Кинестатика десятизвенной группы Ассура

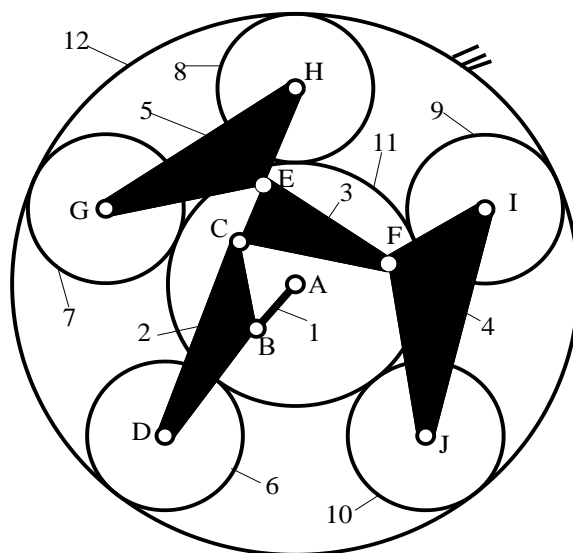


Рисунок 2 – Пример использования группы в планетарном механизме

Для решения кинестатики ко всем звеньям группы прикладываем все внешние силы и моменты сил, известным методом при заданных массах звеньев вычисляем силы и моменты сил инерции и прикладываем их в соответствующих точках звеньев. Представим решение кинестатики группы в следующем порядке.

На продолжении линий реакций в зацеплениях звеньев 6,7,8,9,10 фиксируем точки их пересечения $S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}$.

Из уравнений сумм моментов сил относительно обозначенных точек, определим тангенциальные составляющие реакции в опорах сателлитов (D,G,H,I,J)

$$\sum_{3\&6} M(S_6) = 0 \Rightarrow R_D^{\tau},$$

$$\sum_{3\&7} M(S_7) = 0 \Rightarrow R_G^{\tau},$$

$$\sum_{3\&8} M(S_8) = 0 \Rightarrow R_H^{\tau},$$

$$\sum_{3\&9} M(S_9) = 0 \Rightarrow R_I^{\tau},$$

$$\sum_{3\&10} M(S_{10}) = 0 \Rightarrow R_J^{\tau}.$$

На продолжениях линии, соединяющих точки S_6 -D и S_7 -G; S_8 -H, S_9 -I и S_{10} -J зафиксируем точки их пересечения – ξ_3 и ξ_2 . Из уравнения сумм моментов всех сил, приложенных к звеньям 3 и 2

$$\sum_{3\&3} M(\xi_3) = 0 \Rightarrow R_B^{\tau},$$

$$\sum_{3\&4} M(\xi_4) = 0 \Rightarrow R_C^{\tau},$$

найдем тангенциальные составляющие реакции в точках В и С (\bar{R}_B^τ и \bar{R}_C^τ).

Найдем первую тангенциальную составляющую реакции в шарнире В звена 2.

Обратимся далее к поводу 1 и найдем вторую тангенциальную составляющую реакцию \bar{R}_B^τ звена 2

$$\sum_{зв1} M(A) = 0 \Rightarrow R_B^\tau .$$

Полная реакция в шарнире В, определится как векторная сумма реакций $\bar{R}_{B1}^\tau + \bar{R}_{B2}^\tau$ (по закону параллелограмма)

$$\bar{R}_B^\tau + \bar{R}_B^\tau = \bar{R}_B .$$

При известной полной реакции в шарнире В становится возможным определить полные реакции во всех шарнирах группы и в зацеплениях колес 6,7,8,9 и 10

$$\sum_{зв2} \bar{F} = 0 = \bar{R}_D^n \text{ и } \bar{R}_C^n \Rightarrow \bar{R}_D^n + \bar{R}_D^\tau = \bar{R}_D; \bar{R}_C^n + \bar{R}_C^\tau = \bar{R}_C;$$

$$\sum_{зв3} \bar{F} = 0 = \bar{R}_E^n \text{ и } \bar{R}_F^n \Rightarrow \bar{R}_E^n + \bar{R}_E^\tau = \bar{R}_E; \bar{R}_F^n + \bar{R}_F^\tau = \bar{R}_F;$$

$$\sum_{зв4} \bar{F} = 0 = \bar{R}_I^n \text{ и } \bar{R}_J^n \Rightarrow \bar{R}_I^n + \bar{R}_I^\tau = \bar{R}_I; \bar{R}_J^n + \bar{R}_J^\tau = \bar{R}_J;$$

$$\sum_{зв5} \bar{F} = 0 = \bar{R}_G \text{ и } \bar{R}_H \Rightarrow \bar{R}_G^n + \bar{R}_G^\tau = \bar{R}_G; \bar{R}_H^n + \bar{R}_H^\tau = \bar{R}_H;$$

$$\sum_{зв6} \bar{F} = 0 = \bar{R}_k \text{ и } \bar{R}_L;$$

$$\sum_{зв7} \bar{F} = 0 = \bar{R}_N \text{ и } \bar{R}_M;$$

$$\sum_{зв8} \bar{F} = 0 = \bar{R}_O \text{ и } \bar{R}_P.$$

$$\sum_{зв9} \bar{F} = 0 = \bar{R}_Q \text{ и } \bar{R}_R.$$

$$\sum_{зв10} \bar{F} = 0 = \bar{R}_T \text{ и } \bar{R}_V.$$

Приведенный алгоритм силового анализа шестизвенной группы Ассур с шестью кинематическими парами четвертого класса может быть использован при силовом анализе сложных планетарных передач.

Библиографический список

1. Герасимов С.П. О группах Ассура применительно к планетарным зубчатым механизмам / С.П. Герасимов, Е.В. Дворникова // Успехи современного естествознания. – 2012. – №6 – С. 150.

УДК 62.232

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕКАТЫВАЮЩИХСЯ РЫЧАГОВ

Максимова Е.Н.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Дворников Л.Т.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

О механизмах перекатывающихся рычагов упоминал еще в 1933 г. Малышев А.П. [1], где автор дает обоснование применению пружины на клапанных шпинделях парораспределительного механизма Радовановича, где имеют место перекатывающиеся рычаги, он называет их парами катания по поверхностям с проскальзыванием. В книге академика И.И. Артоболевского [2] в параграфе 4 (Кулачковые механизмы) записано: «К кулачковым механизмам относятся также и так называемые механизмы с перекатывающимися рычагами». В книге приведена иллюстрация одной конструкции с описанием.

Артоболевский С.И. [3] выделяет 4 основные группы механизмов: фрикционные и зубчатые, кулачковые, стержневые, комбинированные. В комбинированных – кулачкостержневых приведена конструкция механизма катающихся рычагов (с катающимися рычагами) с описанием.

В справочнике [4] в разделе 4 (Кулачковые механизмы) изображены 3 конструкции механизмов перекатывающихся рычагов с описанием.

А.Ф. Крайнев в [5] пишет: «Перекатывающийся рычаг – звено, соединенное с другими звеньями механизма посредством трех кинематических пар, из которых одна высшая. Применяют перекатывающиеся рычаги для уменьшения трения скольжения между звеньями или его предотвращения». Ниже у него приводится иллюстрация 3 конструкций с описанием.

Академик И.И. Артоболевский в справочнике [6] выделяет механизмы перекатывающихся рычагов в отдельную группу (параграф 8) из рычажно-кулачковых механизмов. Приводит иллюстрации 15 конструкций с описанием. Поэтому далее будем опираться на его материалы и говорить о механизмах перекатывающихся рычагов именно в понимании И.И. Артоболевского. Важной особенностью механизмов перекатывающихся рычагов является обязательное использование пары p_4 , эти пары работают

двояким образом - качение либо без проскальзывания, либо с проскальзыванием.

В статье [7] приведено решение задачи о положениях пятизвенного механизма с перекатывающимся рычагом, а также определение скоростей точек звеньев данного механизма. Определение ускорений точек звеньев будем осуществлять графо-аналитическим методом (рисунок 1). Ускорение точки А: $\overline{a_A} = \overline{a_{O_1}} + \overline{a^{n_{AO_1}}}$; ускорение точки В: $\overline{a_B} = \overline{a_{O_2}} + \overline{a^{n_{BO_2}}} + \overline{a^{t_{BO_2}}}$, $\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a^{n_{BA}}} + \overline{a^{t_{BA}}}$; ускорение точки С найдем через подобие треугольников, ускорение D: $\overline{a_D} = \overline{a_C} + \overline{a^{n_{DC}}} + \overline{a^{t_{DC}}}$ на пересечении с касательной к опоре в точке D [2].

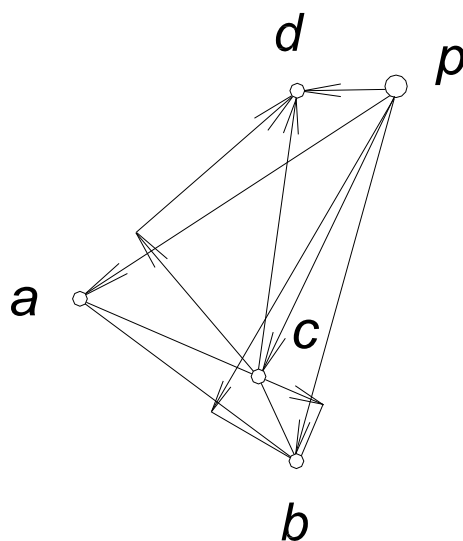


Рисунок 1 - Определение ускорений точек звеньев механизма

Механизмы перекатыющихся рычагов могут выполнять различные функции, основная их задача движение по определенному закону. В частности они могут быть использованы в прессовых машинах, в механизмах переключателя телефонного аппарата, механизмах-дозаторах, смесителях, устройствах преобразования движения, виброизолирующих устройствах, для стола стана винтовой прокатки, в газораспределительных механизмах двигателей внутреннего сгорания, в механизмах топливного насоса дизеля.

Библиографический список

1. Малышев А.П. Кинематика механизмов. М.: Издательство легкой промышленности, 1933. 470 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов. М.: Наука, 1967. 719 с.
3. Артоболевский С.И. Теория механизмов и машин. М.: Высшая школа, 1967. 365 с.
4. Кожевников С.Н, Есипенко Я.И, Раскин Я.Н. Механизмы. М.: Машиностроение, 1976.784 с.

5. Крайнев А.Ф. Фундаментальный словарь. М.: Машиностроение, 1987. 560 с.

6. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике т. II. М.: Наука, 1971. 1007 с.

7. Баклушин А.А., Максимова Е.Н. Кинематика пятизвенного плоского механизма с перекатывающимся рычагом // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8. - С. 257.

УДК 531.8

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О НАХОЖДЕНИИ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА, ГЕНЕРИРУЕМОГО МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ БОЙКОМ

Молчанов В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жуков И.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Достаточно точно и полно решить задачу о формировании и распространении импульсов упругой деформации в ударных системах переменной формы позволяет графоаналитический метод [1]. Эта задача сводится к решению волнового уравнения, вывод которого для случая прохождения силового импульса по стержню на границе изменения его поперечного сечения основан на теории Сен-Венана.

Пусть волна следует из сечения S_1 в сечение S_2 , причем в точке $x = 0$ сечение резко меняется (рисунок 1). Тогда на границе раздела сечений часть энергии волны пройдет из первого стержня во второй, а часть отразится обратно в стержень. Тогда: $F_1(t - x/a)$ и $u_1(t - x/a)$ – величины соответственно сил и смещений в первоначальной волне; $F_2(t - x/a)$ и $u_2(t - x/a)$ – в прошедшей волне; $F_3(t + x/a)$ и $u_3(t + x/a)$ – в отраженной волне, где t – время, a – скорость распространения волны в стержне, x – координата положения волны, E – модуль упругости.

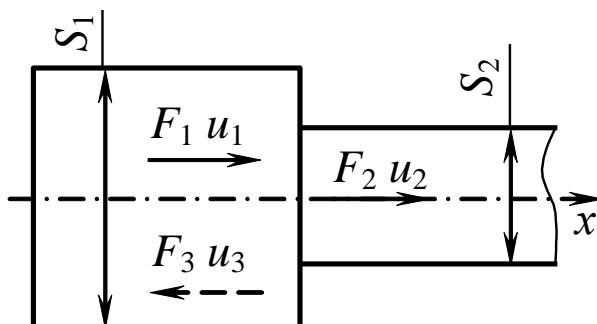


Рисунок 1 – Схема прохождения силового импульса по стержню переменной сечения

Величины усилий в прошедшей и отраженной волнах

$$F_2 = QF_1; \quad F_3 = RF_1, \quad (1)$$

где $Q = \frac{2S_2}{S_1 + S_2}$ – коэффициент прохождения, (2)

$$R = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \text{ – коэффициент отражения.} \quad (3)$$

Используя эти выражения, можно производить расчеты по определению усилий в ударных системах с плоскими ударными сечениями как аналитически, так и графически.

Для применения графоаналитического метода к исследованию ударников многоступенчатой формы (рисунок 2) с помощью ЭВМ необходимо записать функцию, описывающую образующую боковой поверхности ударника в виде

$$y = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left[y_i \left(\frac{x_i - x}{|x_i - x|} - \frac{x_{(i-1)} - x}{|x_{(i-1)} - x|} \right) \right], \quad (4)$$

где $y_i = f_i(x)$ – график функции i -ой ступени бойка;

x_i – координаты сечений перехода ступеней;

n – количество ступеней бойка.

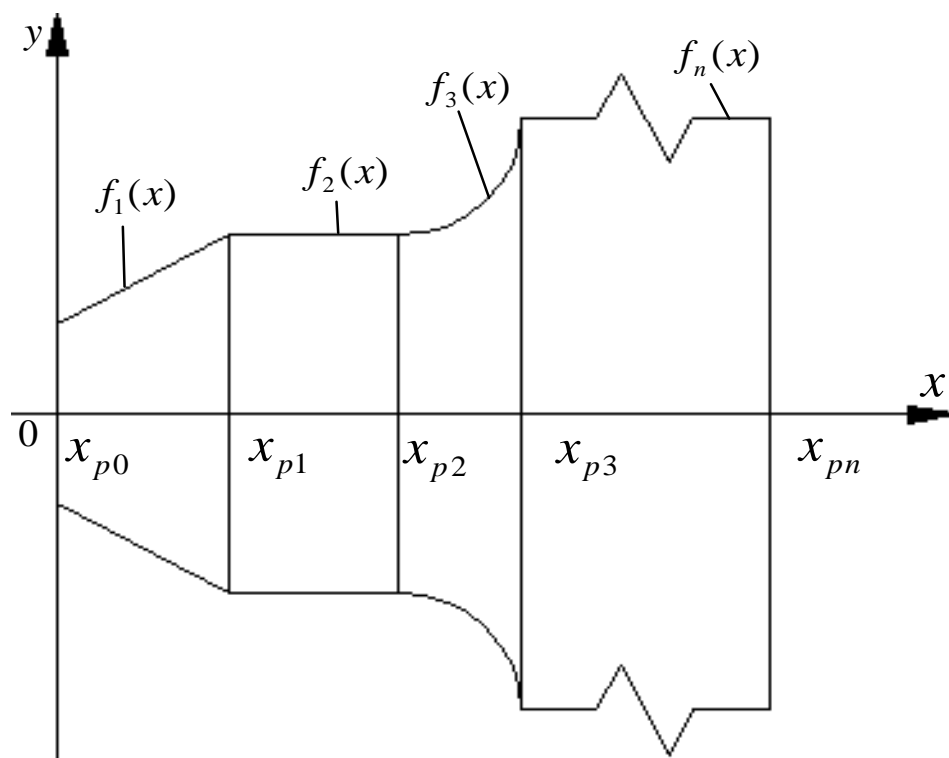


Рисунок 2 – Многоступенчатый ударник

Далее многоступенчатый ударник представляется в виде набора цилиндрических ступеней одинаковой малой длины

$$l_1 = l / st, \quad (5)$$

где l – общая длина бойка,

st – количество ступеней, на которые разбивается ударник.

Диаметры цилиндрических ступеней определяются из условия равенства объемов исходного и цилиндрического ступенчатого бойка

$$V = \sum_{j=1}^{st} \frac{\pi d_j^2}{4} l_1 = \pi \int_{t_0}^{t_l} y^2(t) \cdot \frac{dx(t)}{dt} \cdot dt, \quad (6)$$

$$d_j = 2 \sqrt{\frac{1}{l_1} \int_{t_{j-1}}^{t_j} y^2(t) \cdot \frac{dx(t)}{dt} \cdot dt}, \quad (7)$$

где t_l – значение параметра t , при котором $x(t_l) = l$.

Площадь поперечного сечения ступеней определяется по формуле

$$S_j = \frac{\pi d_j^2}{4}, \quad (8)$$

где S_0 – площадь поперечного сечения стержня, по которому наносится удар.

Согласно графоаналитическому методу определяются в общем виде коэффициенты прохождения Q и отражения R для каждого сечения

$$Q_k = \begin{cases} \frac{2S_{k-1}}{S_{k-1} + S_k}, & 1 \leq k \leq st; \\ \frac{2S_{k-st+1}}{S_{k-st+1} + S_{k-st}}, & (st + 1) \leq k \leq (2 \cdot st - 1); \end{cases} \quad (9)$$

$$R_k = \begin{cases} \frac{S_{k-1} - S_k}{S_{k-1} + S_k}, & 1 \leq k \leq st; \\ \frac{S_{k-st+1} - S_{k-st}}{S_{k-st+1} + S_{k-st}}, & (st + 1) \leq k \leq (2 \cdot st - 1). \end{cases} \quad (10)$$

При продольном ударе через время t_1 волна пройдет по ударнику до j -го сечения, в котором изменится его диаметр. Здесь часть силы равная A_j^1 отразится от выступа. Одновременно другая часть силы, равная A_{j+1}^1 , пройдет через j -ое сечение. Далее эта сила пройдет до сечения $(j+1)$, где часть ее, равная A_{j-2}^1 , отразится от выступа, а другая часть, равная A_{j-1}^1 , пройдет через это сечение и сложится с предыдущей силой. Обе силы, пройдя в стержень через плоскость соударения, образуют в нем силу F_2 . Через время $2t_1$ возникнет сила F_3 и т.д. в зависимости от выбранного числа шагов.

Величины сил, которые возникают в бойке после соударения, определяются в общем виде по формулам

$$A_{2k-1}^1 = \frac{ES_k V_0}{2c}, \quad 1 \leq k \leq st;$$

$$A_{2k}^1 = -\frac{ES_k V_0}{2c}, \quad 1 \leq k \leq st;$$

$$A_{2st-1}^{m+1} = -A_{2st}^m, \quad 1 \leq m \leq T; \quad (11)$$

$$A_{2k-1}^{m+1} = A_{2k}^m R_{st+m} + A_{2k+1}^m Q_{m+1}, \quad 1 \leq k < st, \quad 1 \leq m \leq T;$$

$$A_2^{m+1} = A_1^m R_1, \quad 1 \leq m \leq T;$$

$$A_{2k}^{m+1} = A_{2k-1}^m R_m + A_{2k-2}^m Q_{st+m-1}, \quad 1 < k \leq st, \quad 1 \leq m \leq T.$$

Силы, возникающие в стержне при соударении, определяются по формуле

$$F_m = A_1^m Q_1, \quad 1 \leq m \leq T, \quad (12)$$

где T – количество расчетных шагов.

По результатам вычислений строится график зависимости силы F , возникающей в стержне (волноводе), от времени t , который отразит форму ударного импульса, генерируемого многоступенчатым бойком при ударе по волноводу.

В качестве примера на рисунке 3 показан трехступенчатый ударник, состоящий из конической, параболической и цилиндрической ступеней, и генерируемый им ударный импульс, найденный с использованием компьютерной программы, разработанной в математическом пакете Maple.

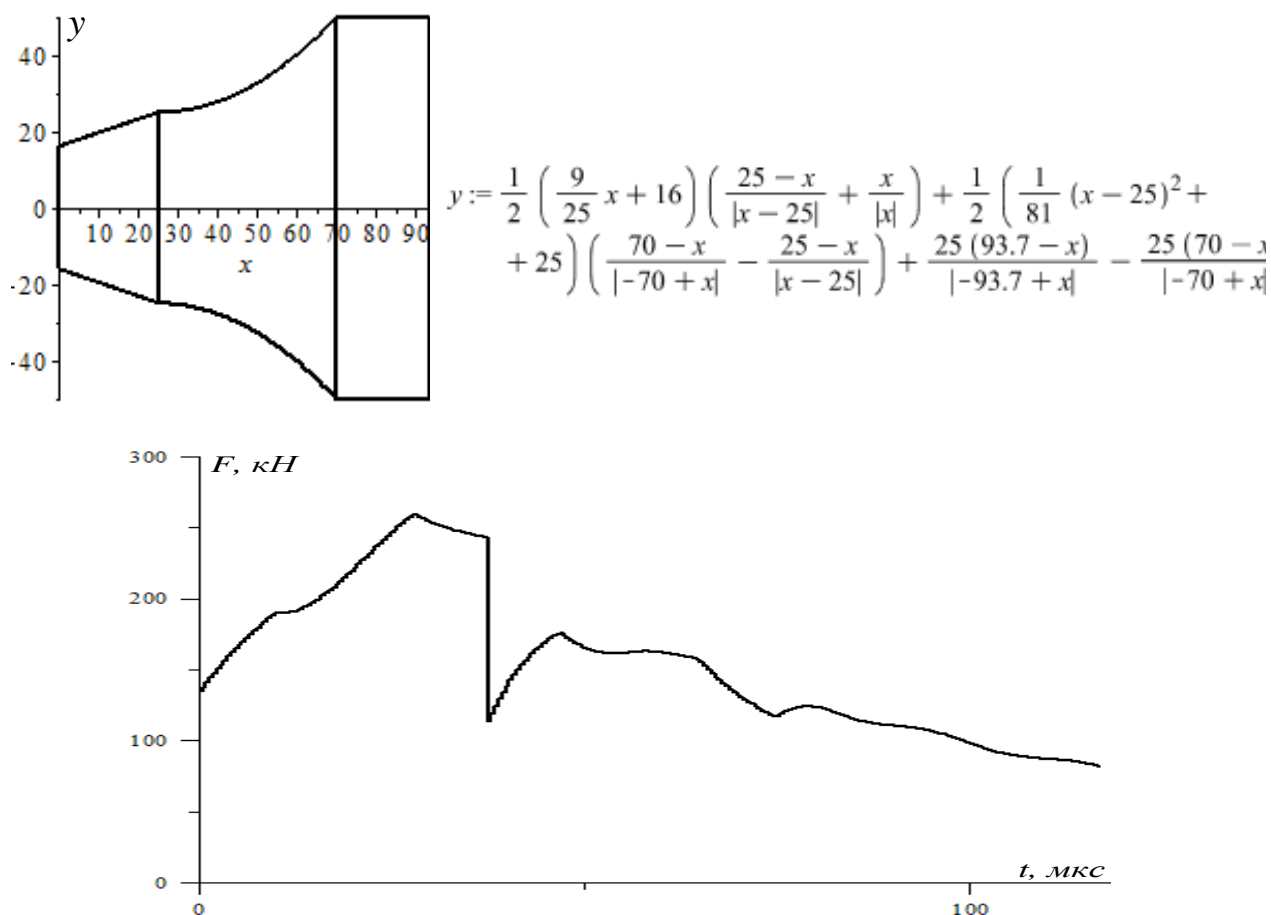


Рисунок 3 – Ударный импульс, генерируемый трёхступенчатым бойком

Библиографический список

1. Жуков И.А. Анализ форм бойков ударных систем графоаналитическим методом / И.А. Жуков, Л.Т. Дворников // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – №1. – С. 15-19.

УДК 621.01

ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫЙ КУЛАЧКОВЫЙ МЕХАНИЗМ С ИЗМЕНЯЕМЫМ ЗАКОНОМ ДВИЖЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЯ

Суджаян А.А.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Дворников Л.Т.

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

Из практики машиностроения известен трехзвенный кулачковый механизм [1], в котором вращающийся кулачок передает движение поступательно движущемуся толкателю. В таком механизме толкатель непосредственно взаимодействует с кулачком, что исключает возможность изменения закона движения толкателя. Известен также четырехзвенный кулачковый механизм [2], состоящий из кулачка, промежуточного звена,

выполненного свободным от соединения со стойкой, толкателя, а также стойки. Недостатком такого механизма является невозможность регулирования угла и расстояния между опорами промежуточного звена, и, следовательно, невозможность регулирования закона движения толкателя.

С целью решения этой проблемы предлагается новое техническое решение, сущность которого заключается в том, что в четырехзвенном кулачковом механизме с изменяемым промежуточным звеном, содержащим подвижные кулачок, толкатель, изменяемое промежуточное звено, а также стойку, опоры изменяемого промежуточного звена выполняются с возможностью их относительного смещения и фиксации с помощью клеммовых соединений.

На рисунке 1 изображен предлагаемый четырехзвенный кулачковый механизм [3] с изменяемым промежуточным звеном, состоящий из кулачка 1, изменяемого промежуточного звена 2, толкателя 3 и стойки 0. Кулачок 1 образует со стойкой 0 вращательную кинематическую пару (0-1), толкатель 3 образует со стойкой 0 поступательную кинематическую пару (0-3), изменяемое промежуточное звено 2, содержащее в своем составе клеммовые соединения (2-2') и (2-2'') с составными элементами 2' и 2'', входит с толкателем 3 во вращательную кинематическую пару (2-3) и с кулачком 1 в две высшие кинематические пары (2'-1) и (2''-1).

Работает четырехзвенный кулачковый механизм с изменяемым промежуточным звеном следующим образом. С помощью клеммовых соединений (2-2') и (2-2'') осуществляется регулирование и фиксация угла α между опорами и расстояния h между центрами роликов изменяемого промежуточного звена 2. Кулачок 1 поворачивается на некоторый угол φ относительно точки А. Движение передается второму звену за счет высших кинематических пар (2'-1) и (2''-1). Плоскопараллельно движущееся звено 2, в свою очередь, передает полученное движение толкателю 3, который в результате получает перемещение S вдоль оси xx .

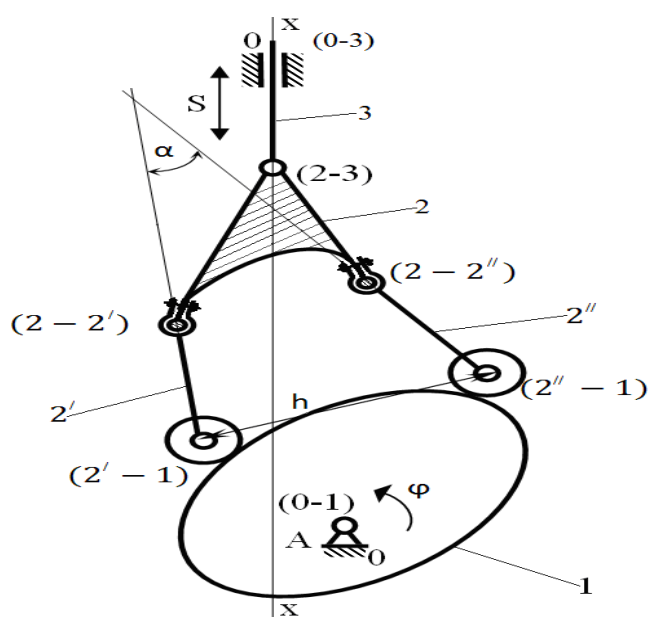


Рисунок 1 – Четырехзвенный кулачковый механизм

Предлагаемый четырехзвенный кулачковый механизм с изменяемым, промежуточным звеном относится к механизмам третьего семейства по Артоболовскому И.И., то есть к плоским механизмам, подвижность которых определяется развернутой формулой Чебышева П.Л. [1]

$$W = 3n - 2p_5 - p_4, \quad (1)$$

где W – подвижность механизма;

n – число подвижных звеньев;

p_5 – число одноподвижных кинематических пар;

p_4 – число двухподвижных кинематических пар.

В предлагаемом механизме $n=3$ (подвижные звенья 1, 2 и 3), $p_5=3$ (кинематические пары (0-1), (0-3) и (2-3)), $p_4=2$ (кинематические пары (2'-1) и (2''-1)), и тогда по формуле (1) получим

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 2 = 1,$$

откуда следует, что если задать звену 1 движение, то все остальные звенья получат вполне определенные движения.

Библиографический список

1. Артоболовский И.И. Теория механизмов. – М: Наука, 1967. – 720 с.
2. Патент №2456491. Четырехзвенный кулачковый механизм / Дворников Л.Т., Ермолаева Н.Ю. – №2010145405; приоритет 08.11.2010; опубл. 20.07.2012, Бюл. №20.
3. Заявка №2013105985. Четырехзвенный кулачковый механизм / Дворников Л.Т., Ермолаева Н.Ю., Суджаян А.А.– приоритет от 12.02.2013.

УДК 621.01

ЧЕТЫРЕХЗВЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВТОРОГО ВИДА, ИХ СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ В РАЗЛИЧНЫХ ПОДСЕМЕЙСТВАХ

Ясеквич О.М.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Дворников Л.Т.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Классификация Л.Т. Дворникова [1] охватывает собой все многообразие механизмов любого вида и количества звеньев. Поставленное перед нами условие четырехзвенных механизмов второго вида сводит универсальную структуру к решению задачи, которая запишется в виде:

$$\begin{cases} p = \tau + n_1; \\ n = 1 + n_1. \end{cases} \quad (1)$$

Все рассматриваемые механизмы состоят из четырех двухпарных звеньев, три из которых являются подвижными ($n=3$) относительно четвертого неподвижного звена – стойки. Решая (1) относительно p , получим:

$$p = \tau + (n - 1) = 4 \quad (2)$$

Следовательно, любой четырехзвенный механизм второго вида характеризуется наличием четырех кинематических пар. Последний фиксированный параметр, относится к понятию «механизм». Его выражает подвижность $W = 1$, которая означает, что все звенья кинематической цепи движутся вполне определено.

Поставленная перед нами задача не ограничивается только плоскими механизмами, а наоборот должна рассматриваться как проблема синтеза пространственных структур как ассуровых, так и неассуровых во всех пяти видах пространств, начиная от классического декартова и далее в зависимости от количества наложенных связей.

Следующим критерием классификации является отношение механизма к ассуровым или неассуровым (НА) механизмам. Во всех семействах кроме четвертого теоретически возможно использование в качестве ведущего звена неподвижной кинематической пары (КП), такие механизмы являются НА. Ассуровы механизмы создаются присоединением групп нулевой подвижности к ведущему звену с $W=1$. НА механизмы реализуются без промежуточного поиска групп заданной подвижности, здесь необходимо сразу искать механизм с $W=1$.

Используя результаты исследования, опубликованного в [2], а именно качественный и количественный состав КП:

в нулевом семействе

$$W_{0(3)} = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3, \text{ – при } p_5 = 2, p_4 = 1, \text{ и } p_3 = 1;$$

$$W_{0(7)} = 6n - 5p_5 - 4p_4, \text{ – при } p_5 = 1, \text{ и } p_4 = 3;$$

$$W_{0(13)} = 6n - 5p_5 - 2p_2, \text{ – при } p_5 = 3, \text{ и } p_2 = 1;$$

в первом семействе $W_{1(3)} = 5n - 4p_5 - 3p_4$, при $p_5 = 2$, и $p_4 = 2$;

$$W_{1(5)} = 5n - 4p_5 - 2p_3, \text{ – при } p_5 = 3, \text{ и } p_3 = 1;$$

во втором семействе $W_{2(1)} = 4n - 3p_5 - 2p_4$, при $p_5 = 3$, и $p_4 = 1$;

в третьем семействе $W_{3(1)} = 3n - 2p_5$, при $p_5 = 4$,

мы структурно разрешаем первый уровень виртуализации.

Подставляя на место виртуальных пар реальные КП, находим работоспособные механизмы с $W=1$. Однако, полученное множество механизмов может оказаться хаотичным и разрозненным. Для последующей систематизации необходима дополнительная классификация. Чтобы

избежать путаницы результатов исследования используются два дополнительных уровня классификации.

Для всех семейств, кроме нулевого, существуют следующий критерий классификации – *пространства*. Для первого семейства – два пространства, для второго семейства четыре пространства, для третьего семейства шесть пространств. Очевидно, что один и тот же состав КП в различных пространствах будет функционировать по-разному, поэтому для каждого пространства будет отдельное множество механизмов. Также пространство может наложить ограничение на использование КП. Например, в пространстве ВВВ нельзя использовать поступательную КП, а также любую КП содержащую поступательное движение в своем составе.

Далее необходимо определиться с последовательностью расположения КП – за этот параметр отвечает критерий *подподсемейств*. Например, последовательность $p_5-p_5-p_4-p_5$ и $p_5-p_5-p_5-p_4$ относятся к одному подсемейству, и пространству, но к различным *подподсемействам*.

После учета всех приведенных параметров можно разрешать второй уровень виртуализации и подставлять на место виртуальных пар реальные КП переходя на уровень *разрядов*.

Последующая классификация рассматриваемых механизмов не имеет смысла, т.к. вид звеньев четко задан, механизмы будут всегда иметь один замкнутый контур.

После того как будут найдены все разряды определенного подподсемейства необходимо перейти к следующему, и так далее постепенно подниматься по уровням универсальной структурной классификации от разрядов к семействам.

Библиографический список

1. Дворников Л.Т. Обоснование принципов универсальной классификации механизмов // Современное машиностроение. Наука и образование: матер. Междунар. научно-практ. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 186-198.

2. Яскевич О.М. О существовании четырехзвенный механизмов второго вида // Наука и молодежь проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых; СибГИУ. – Новокузнецк 2012. – Вып. 16. – Ч. II. Естественные технические науки. С. 168-171.

ОБОСНОВАНИЯ К СТРУКТУРНОМУ СИНТЕЗУ ТРЕХОПОРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ФЕРМ ИЗ ПЛОСКИХ ГРУПП АССУРА

Баклушина И.С., Беляева А.К.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Дворников Л.Т.

Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

В работе [1] было показано, что синтез структур стержневых ферм любой сложности основывается на использовании сложных плоских кинематических цепей, удовлетворяющих условию равенства нулю их подвижности. Такие структуры в теории механизмов принято называть группами Ассура.

Сложная семистержневая ферма может быть синтезирована из восьмизвенной группы Ассура, удовлетворяющей условию, что $\tau = 3$, $n_2 = 2$, $n_1 = 5$, $\alpha = 3$, $\delta = 2$ (рисунок 1, а). Согласно [2] по указанным стрелкам свяжем шарниры в узлы и построим семистержневую ферму (рисунок 1, б), которая является сложной. Она не может быть получена путем присоединения к базовому треугольнику двух стержней, соединенных шарнирно и имеет четырехугольный неизменяемый контур с узлами ВСМ, LF, ОГК и N. Если произвести перевязку узлов, то можно легко создать простую ферменную конструкцию, аналогичную применяемым схемам в строительстве (рисунок 1, в).

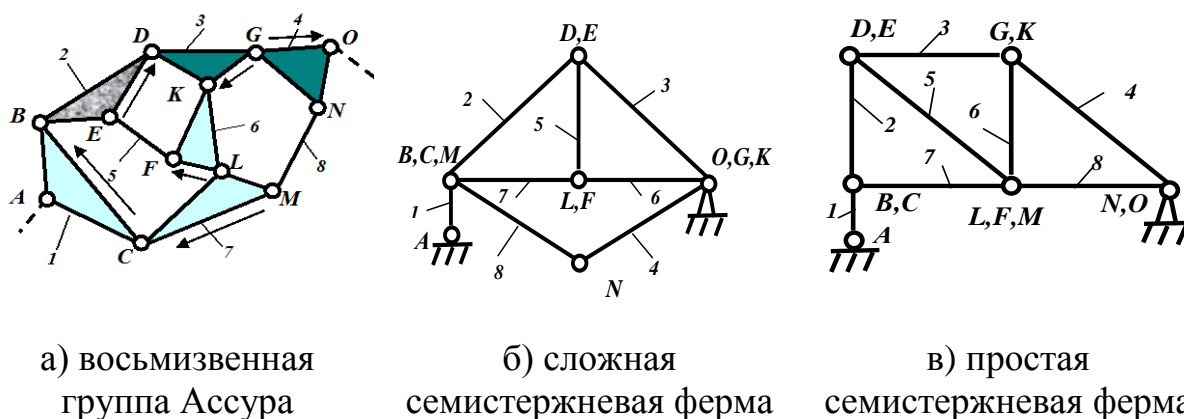


Рисунок 1 – Преобразование восьмизвенной плоской группы Ассура в семистержневую строительную ферму

Далее построим трехопорную систему. Для синтеза трехопорной статически определимой строительной фермы из восьмизвенной группы Ассура необходимо наличие трех подвижных опор. Введение в систему хотя бы одной неподвижной опоры приводит к увеличению количества неизвестных сил реакций (более трех), что показывает статическую неопределимость конструктивной схемы строительной фермы.

Замыкающее треугольное звено 4 (GNO) на рисунке 1 (а) превратим в линейное звено 4 (GO), разомкнув цепь (рисунок 2, а).

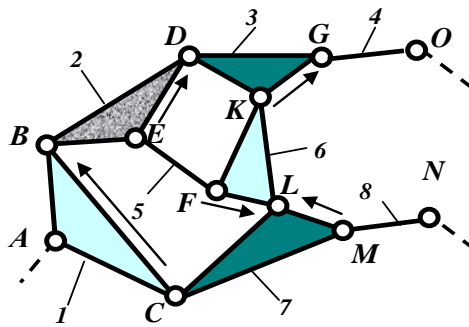


Рисунок 2 – Восьмизвенная группа Ассура

Рассмотрим восьмизвенную группу ($\tau = 3$, $n_2 = 2$, $n_1 = 5$, $\alpha = 2$, $\delta = 3$), имеющую теперь три свободных выхода: линейные звенья 4, 8 и треугольное звено 1, являющееся замыкающим (рисунок 2, а). Применяя метод связки [2] кинематических пар в узлы, как показано на рисунке 2 (а), получим пятистержневую конструкцию (рисунок 3), имеющую три выхода на опоры, которые являются шарнирно – подвижными.

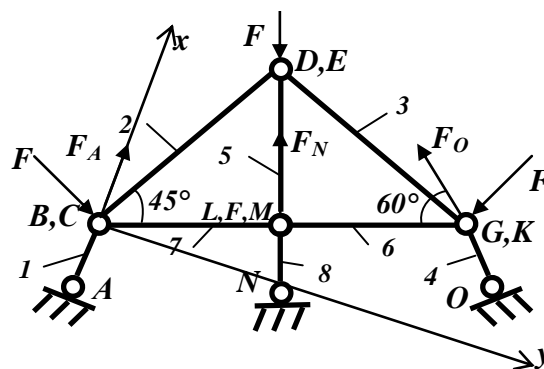


Рисунок 3 – Пятистержневая трехопорная строительная ферма

Очевидно, что при внешнем нагружении F в опорах BC, LFM и GK будут возникать три реакции. Для определения этих реакций составим уравнения равновесия:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases}$$

С учетом симметричности построения и нагружения силы, реакции в крайних опорах равны $F_A = F_O$.

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; & F_A - F \cos 75^\circ - F \cos 30^\circ + F_N \cos 30^\circ + F_O \cos 60^\circ - F \cos 15^\circ = 0; \\ \sum F_y = 0; & F \cos 15^\circ + F \cos 60^\circ - F_N \cos 60^\circ - F_O \cos 30^\circ - F \cos 75^\circ = 0. \end{cases}$$

Решая совместно данные уравнения, получим:

$$\begin{cases} F_O = F_A = 0.33F; \\ F_N = 1.84F. \end{cases}$$

Таким образом, из восьмизвенной фермы нулевой подвижности была получена трехпорная ферма, удовлетворяющая условию статической определимости $S = 2K-3$.

Библиографический список:

1. Баклушина И.С. Разработка метода синтеза структур многозвенных плоских групп Ассура. Диссертация. Новокузнецк, 2003. – 148 с.
2. Дворников Л.Т., Климова И.С. Патент РФ № 2148133. Способ создания конструктивных схем строительных ферм. Опубл. 27.04.2000г. БИ. № 12.

УДК 621.926.22

СИЛОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ СО ВЗАИМОПОДВИЖНЫМИ ЩЕКАМИ ДО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВСЕХ РЕАКЦИЙ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ

Чашников Д.О.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Дворников Л.Т.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В современной промышленности для измельчения горных пород и материалов используются различные дробильные машины.

Ранее [1] была обоснована и решена кинематически щековая дробильная машина со взаимоподвижными щеками. В данной работе проведено кинетостатическое исследование представленной дробильной машины.

Для начала выделяем поводки BD и CE . По уравнениям сумм моментов сил относительно всех четырех шарниров B , D , C , и E определяются тангенциальные составляющие реакций.

$$\sum_{\text{звено 3}} M(C) = 0 \Rightarrow \overrightarrow{R_E^T}; \quad \sum_{\text{звено 3}} M(E) = 0 \Rightarrow \overrightarrow{R_C^T};$$

$$\sum_{\text{звено 4}} M(D) = 0 \Rightarrow \overrightarrow{R_B^T}; \quad \sum_{\text{звено 4}} M(B) = 0 \Rightarrow \overrightarrow{R_D^T}.$$

На продолжении поводков BD и CE фиксируем особую точку δ (рисунок 1), принадлежащую звеньям 2 и 5.

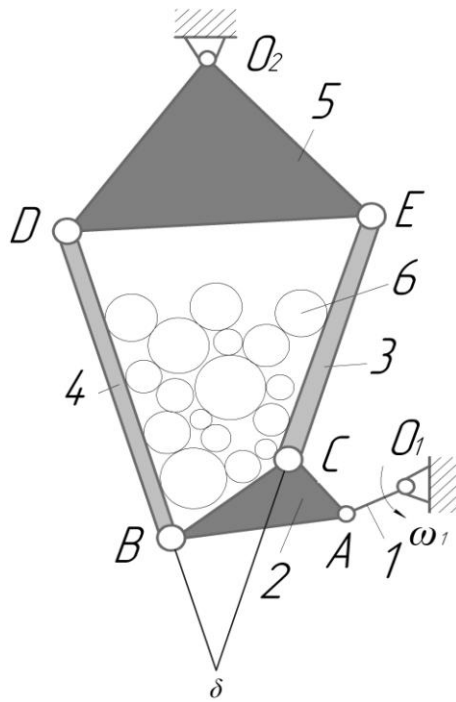


Рисунок 1 – Нахождение точки δ

Из уравнения суммы моментов сил относительно точки δ для пятого звена определяется тангенциальная составляющая реакции в шарнире O_2 . Эта реакция направлена перпендикулярно линии, соединяющей точки δ и O_2 .

$$\sum_{\text{звено 5}} M(\delta) = 0 \Rightarrow \overline{R_{O_2}^\tau}$$

Так же известна тангенциальная направляющая шарнира A и направление нормальной составляющей.

Затем, выделяя второе звено (рисунок 2) и воспользовавшись теоремой о реакции в трехшарнирном звене, находим сначала составляющие $\overline{R_B^n}$ и $\overline{R_C^n}$ шарниров B и C , а затем, соответственно, полные реакции $\overline{R_A}$, $\overline{R_B}$ и $\overline{R_C}$.

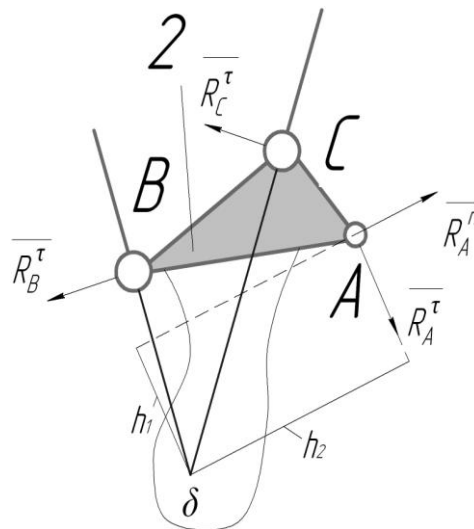


Рисунок 2 – Силовое исследование звена 2

Для того, что бы определить нормальную составляющую реакции \overrightarrow{R}_A^n шарнира A необходимо относительно точки δ , которую мы получили на пересечении продолжений поводков BD и CE , составить уравнение суммы моментов сил, действующих на звено:

$$\sum_{\text{звено 2}} M(\delta) = 0,$$

$$\overrightarrow{R}_A^n \cdot h_1 + \overrightarrow{R}_A^\tau \cdot h_2 = 0,$$

$$\overrightarrow{R}_A^n = -\frac{\overrightarrow{R}_A^\tau \cdot h_2}{h_1}.$$

Далее, из уравнения векторной суммы сил, действующих на трехпарное приводное звено 2, определяем нормальные составляющие \overrightarrow{R}_B^n и \overrightarrow{R}_C^n шарниров B и C .

$$\sum_{\text{звено 2}} \overrightarrow{F} = 0,$$

$$\overrightarrow{R}_A^n + \overrightarrow{R}_A^\tau + \overrightarrow{R}_B^n + \overrightarrow{R}_B^\tau + \overrightarrow{R}_C^n + \overrightarrow{R}_C^\tau = 0.$$

Зная направление нормальных составляющих реакций \overrightarrow{R}_B^n и \overrightarrow{R}_C^n , составляем силовой многоугольник (рисунок 3).

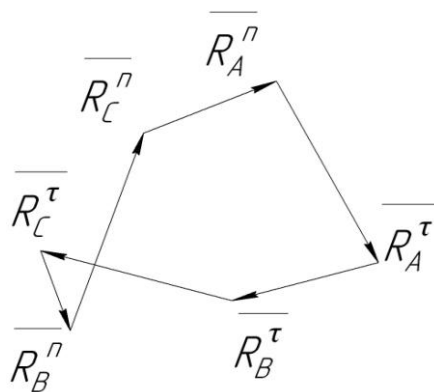


Рисунок 3 – Силовой многоугольник звена 2

Складывая составляющие \overrightarrow{R}_A^n и $\overrightarrow{R}_A^\tau$, \overrightarrow{R}_B^n и $\overrightarrow{R}_B^\tau$, \overrightarrow{R}_C^n и $\overrightarrow{R}_C^\tau$ найдем полные реакции \overrightarrow{R}_A , \overrightarrow{R}_B и \overrightarrow{R}_C .

$$\overrightarrow{R}_A = \overrightarrow{R}_A^n + \overrightarrow{R}_A^\tau,$$

$$\overrightarrow{R}_B = \overrightarrow{R}_B^n + \overrightarrow{R}_B^\tau,$$

$$\overrightarrow{R}_C = \overrightarrow{R}_C^n + \overrightarrow{R}_C^\tau.$$

Для определения нормальной составляющей реакции \overrightarrow{R}_D^n в шарнире D выделим звено 4, составим для него уравнение векторной суммы приложенных сил и составим для него силовой многоугольник.

$$\sum_{\text{звено 4}} \vec{F} = 0,$$

$$\vec{R}_B^n + \vec{R}_B^\tau + \vec{R}_D^n + \vec{R}_D^\tau = 0.$$

Складываем составляющие \vec{R}_D^τ и \vec{R}_D^n , определяя полную реакцию шарнира D

$$\vec{R}_D = \vec{R}_D^n + \vec{R}_D^\tau.$$

Аналогичным способом находим нормальную составляющую реакции \vec{R}_E^n в шарнире E , а после, соответственно, и полную реакцию \vec{R}_E .

Из уравнения векторной суммы сил звена 5, определим нормальную составляющую реакции $\vec{R}_{O_2}^n$, затем уже и полную реакцию в шарнире O_2 .

$$\sum_{\text{звено 5}} \vec{F} = 0,$$

$$\vec{R}_D^n + \vec{R}_D^\tau + \vec{R}_E^n + \vec{R}_E^\tau + \vec{R}_{O_2}^n + \vec{R}_{O_2}^\tau = 0.$$

Сложив составляющие $\vec{R}_{O_2}^\tau$ и $\vec{R}_{O_2}^n$, найдем полную реакцию шарнира O_2 .

$$\vec{R}_{O_2} = \vec{R}_{O_2}^n + \vec{R}_{O_2}^\tau.$$

Все полные реакции, найденные в кинематических парах, показаны на рисунке 4.

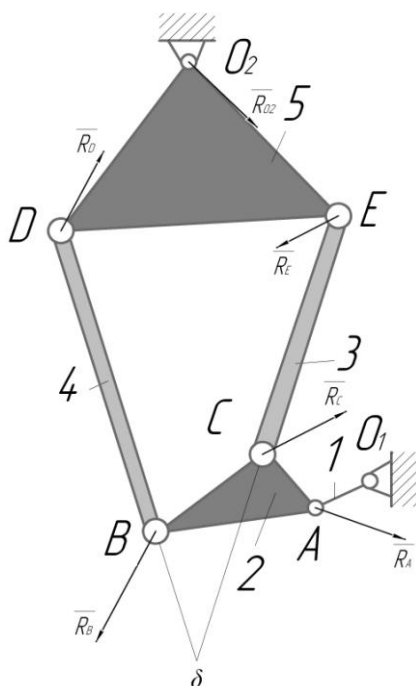


Рисунок 4 – Полные реакции в шарнирах дробильной машины

Библиографический список

1. Чашников Д.О., Юдин Н.Д. Обоснование схемы дробильной машины со взаимоподвижными щеками и ее кинематическое исследование // Современные наукоемкие технологии. – 2013– №8. – С. 271-272.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АВТОПОЕЗДАМИ СО СМЕННЫМИ ПОЛУПРИЦЕПАМИ

Покровская О.Д., Лескина Д.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Целью работы является определение эффективности применения автопоездов со сменными полуприцепами, работающими по челночной схеме, в сравнении с существующей доставкой груза одиночными бортовыми автомобилями.

На полигоне А (рисунок 1), состоящем из промышленных предприятий обслуживания, требуется организовать транспортное обслуживание. Грузоотправитель – кирпичный завод, представленный двумя участками отгрузки готовой продукции; грузополучатели – 7 мелких компаний-потребителей кирпича силикатного строительного профиля. Кирпич перевозится отправками на европоддонах.

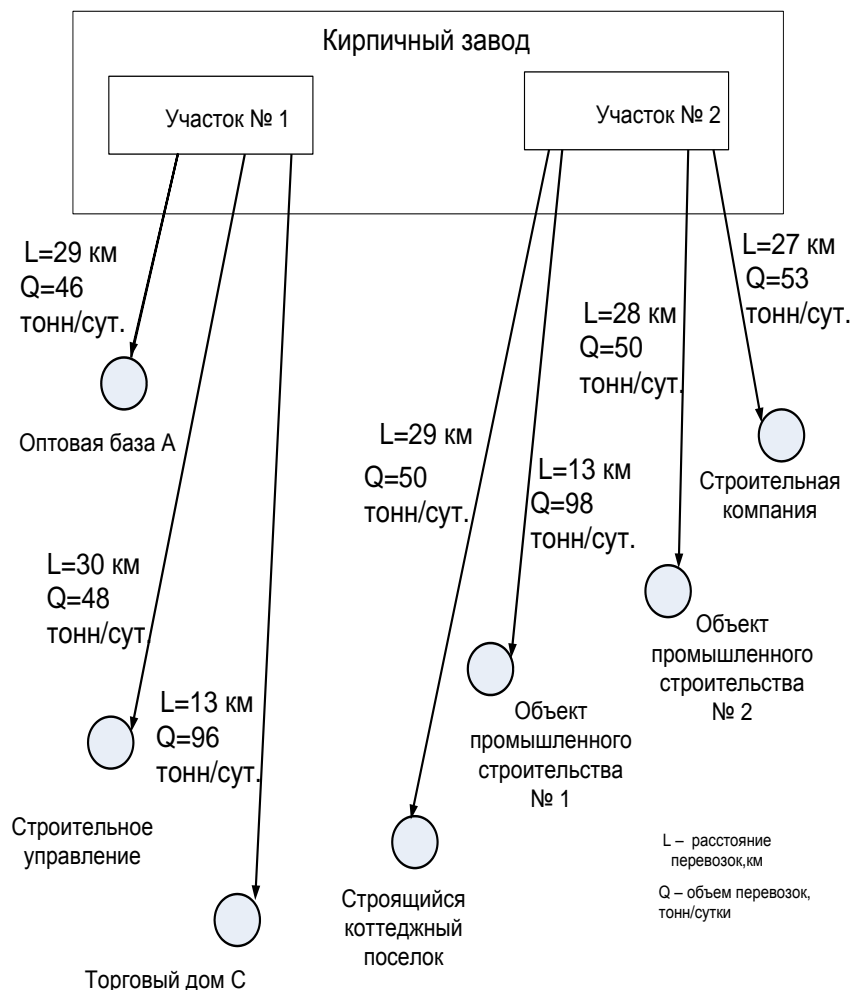


Рисунок 1 – Схема транспортных связей на полигоне А

По существующей схеме доставки кирпич перевозится отправлениями на европоддонах, вес одной отправки равен 0,8 тонны. Имеется трехкратный запас оборотной тары, которая возвращается кирзаводу. Объем перевозок в сутки постоянный и составляет 441 тонна в сутки или 551 отправка.

Доставка идет напрямую одиночными автомобилями КАМАЗ-43-253 грузоподъемностью 7,5 тонн (8 отправок кирпича) в количестве 14 единиц. Необходимо 9 смен и пробег подвижного состава составляет 1214 км/сут.

Погрузка у отправителя осуществляется козловым краном (КК-5 грузоподъемностью 5 тонн). Выгрузка у получателей груза осуществляется вилочным автопогрузчиком (ВП-1,6, грузоподъемность 1,6 тонны). Рабочие циклы погрузки и разгрузки повторяются 8 раз для 8 поддонов.

Рассматривается целесообразность организации перевозок с использованием автопоездов со сменными полуприцепами.

При перевозке по предлагаемой схеме используем подвижной состав большей грузоподъемности (23 тонны, или 12 отправок): автомобили-тягачи марки МАЗ-МАН 543268 в количестве 7 единиц со сменными (оборотными) полуприцепами МАЗ 938662-017 в количестве 21 единицы.

Оснащение и компоновка фронтов не изменилась. Поскольку увеличилась грузоподъемность автомобилей, используем европоддоны второго типа, вес одной грузовой единицы равен 1,6 тонн, поэтому за меньшее время будет погружено и выгружено большее количество груза.

Предлагается организовать работу одного тягача с тремя полуприцепами по следующей схеме. В начале работы полуприцеп №1 находится в пункте погрузки. Полуприцеп №2 – в пункте разгрузки. Полуприцеп №3 находится с тягачом и движется с ним в пункт погрузки, т.е. совершается один оборот тягача. Полный цикл работы автопоезда складывается из трех оборотов тягача, пока полуприцеп № 1 не вернется в исходный пункт погрузки.

При работе автопоездов, как показали расчеты, для освоения объема перевозок необходимо 5 смен, 7 автомобилей-тягачей, 21 оборотных полуприцепа, и пробег составляет 1182 км/сут.

Анализ графика движения показал, что:

- время, затрачиваемое на перевозку, сократится с 12 до 6 часов;
- число рабочих смен сократится с 9 до 5 в сутки;
- кроме того, число погрузочных механизмов сократится по участкам погрузки с трех и четырех до двух и трех соответственно.

Предлагается реализовать 14 бортовых автомобилей по остаточной стоимости и приобретено 7 новых седельных тягачей МАЗ и 21 подержанный полуприцеп МАЗ.

После внедрения автопоездов со сменными полуприцепами был значительно уменьшен парк подвижного состава, расход на горюче-смазочные материалы и шины.

Сравнение результатов показало, что использование схемы доставки кирпича автопоездами со сменными полуприцепами выгоднее существующей схемы обслуживания:

- сокращение эксплуатационных расходов составило 1 миллион 560 тысяч руб. в год или 14 % ;

- себестоимость перевозки также снизилась на 8 %, что видно из таблицы 1:

Таблица 1 – Сравнение технико-экономических показателей

№ п/п	Технико-экономический показатель	Прямой вариант	Предлагаемый вариант	
			Автопоезд со сменными п/п	
		Автомобиль бортовой КАМАЗ 43253	Автомобиль-тягач МАЗ-МАН 543268	Полуприцеп МАЗ 938662-017
1	Объем перевозок, тонн/сут. / отпр./сут.	441 / 551		
2	Количество автомобилей, A , ед.	14	7	21
3	Грузоподъемность, G , тонн тонн номинал. / тонн факт. / кол-во отпр.	7,5 / 7 / 8	23 / 19 / 12	
4	Амортизационные отчисления, A , тыс. руб./год	2856, 00	3 234, 00	
5	Годовой фонд оплаты труда рабочего персонала, $ЗП$, тыс. руб./год	3 439, 80	1 911, 00	
6	Отчисления от фонда оплаты труда, $З_{отч}$, тыс. руб./год.	1 031, 94	573, 30	
7	Расходы на ГСМ, тыс. руб./год.	2 625,03	2 665, 37	
8	Расходы на износ и ремонт шин, тыс. руб./год	656, 26	666, 34	
9	Эксплуатационные расходы, $Э$, тыс. руб./год	10 609, 03	9 050, 02	
10	Капитальные затраты, K , тыс.руб.:	–	10 640	
10.1	Доходы от реализации 14 автомобилей, тыс. руб.	–	23 800	
10.2	Расходы на приобретение автомобилей нов. / полуприцепов б.у./ итого, тыс. руб.	–	18 200 / 10 500 / 28 700	
11	Приведенные затраты, $П_{пр}$, тыс. руб./год	–	10 326,82	
12	Себестоимость перевозки, руб./т-км	4, 00	3, 68	

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРУЗОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ

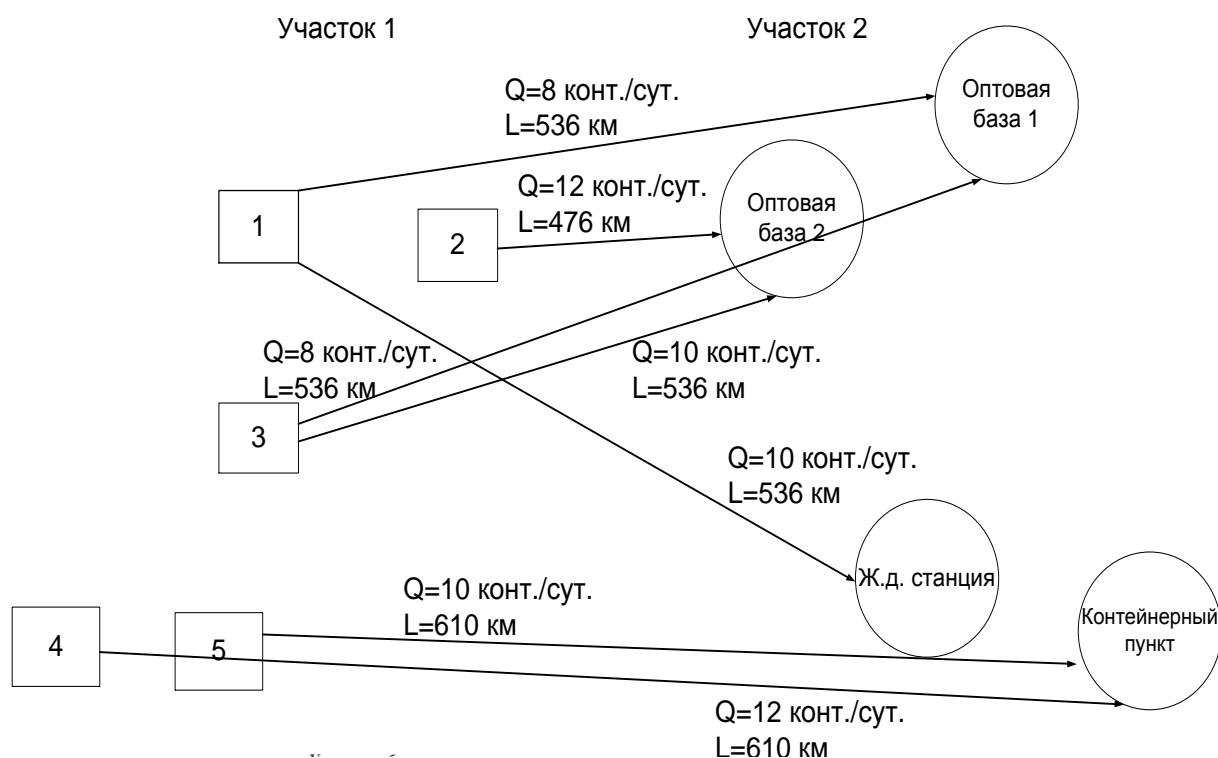
Покровская О.Д., Буканович И.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Целью работы является определение эффективности применения грузовых терминалов при доставке грузов в контейнерах на полигоне С.

Рассмотрено три варианта организации транспортного обслуживания полигона С: 1 вариант – прямая схема доставки, 2 и 3 вариант – терминальная схема доставки. По первому варианту задана грузоподъемность автомобилей – 5 тонн. Объем перевозок составляет 70 специализированных контейнеров в сутки – типа СК-1-5(7) грузоподъемностью 5 тонн. Имеется трехкратный запас контейнеров, поскольку контейнеры являются оборотной тарой и возвращаются грузоотправителю.

По существующей, прямой схеме доставки (рисунок 1) используются 176 бортовых автомобилей ISUZU NQR грузоподъемностью 5 тонн или 1 контейнер. Погрузка и выгрузка контейнеров осуществляется козловым краном КК-5.



Условные обозначения: круги – потребители, квадраты – поставщики груза;
Q-объем перевозок, конт./сут.; L-расстояние перевозки, км.

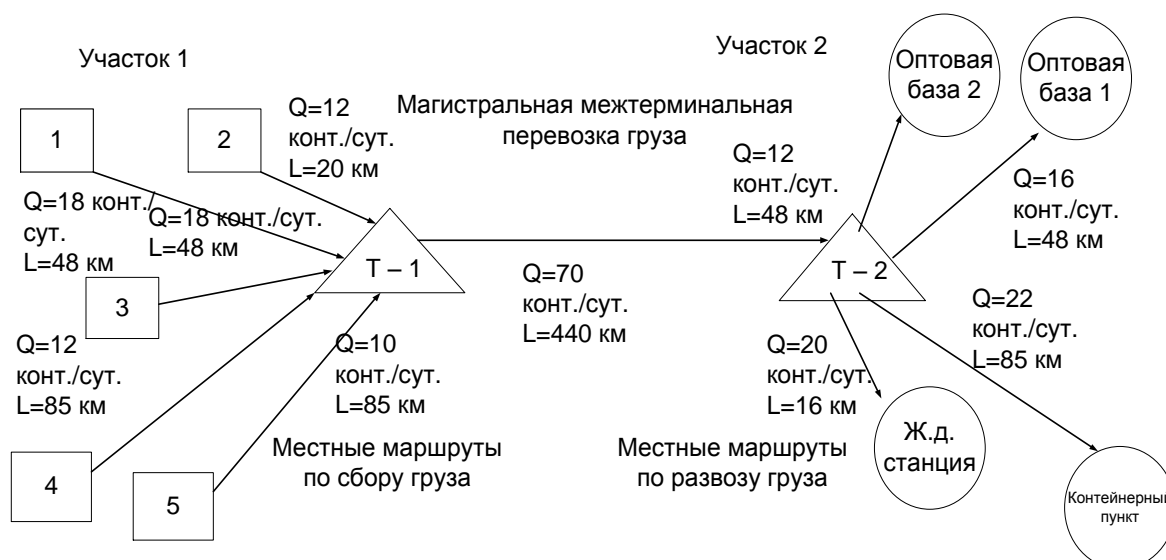
Рисунок 1 – Схема транспортных связей на полигоне С по существующей схеме доставки

Организация работы водителя при одиночной езде по прямой схеме осуществляется согласно «Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха водителей автомобилей» от 20 августа 2004 г. и «Положения о режиме труда и отдыха водителей» от 11 апреля 2007 г.

Рассматривается целесообразность организации контейнерных перевозок через грузовые терминалы – логистические комплексы для накопления, переработки и распределения грузопотоков с выполнением всех транспортно-экспедиционных услуг. Пространственно грузовой терминал представляет собой систему территориально разобщенных объектов, технологически связанных между собой выполняемыми функциями, это крупный грузообразующий район. Возможно использование брошенных или незавершенных строительством объектов инфраструктуры промышленных предприятий.

Предлагается: 1) заменить подвижной состав на дифференцированный по грузоподъемности; 2) заменить бортовые автомобили на автомобили-самопогрузчики; 3) определить экономическую принадлежность терминалов.

Схема полигона по предлагаемой схеме представлена на рисунке 2.



Условные обозначения: Q-объем перевозок, конт./сут.; L-расстояние перевозки, км.

Рисунок 2 – Схема транспортных связей на полигоне С по предлагаемой схеме доставки

На полигоне С организуется два контейнерных терминала: первый служит для сбора груза от всех поставщиков, второй – для дистрибуции груза потребителям.

На маршрутах сбора и распределения груза используем автомобили Hyundai GOLD грузоподъемностью 5 тонн (1 контейнер) в количестве 18 единиц. Между терминалами работают автомобили Daewoo Ultra Novus грузоподъемностью 21,5 тонны или 4 контейнера в количестве 40 единиц. Груз аккумулируется на терминал сбора, затем по магистрали доставляется к

терминалу распределения и, наконец, от терминала распределения распылается потребителям.

Грузовой фронт по предлагаемой схеме – открытая контейнерная площадка, на которой выгружаются и погружаются самопогрузчики.

Графики движения автомобилей на местных маршрутах представляют собой маятниковые маршруты.

Организация работы водителя при одиночной езде на магистральном межтерминальном маршруте соответствует Положению о режиме труда и отдыха водителей (см. выше).

Проанализировано два варианта экономической организации терминалов – аренда и строительство. Проведено сравнение технико-экономических показателей по вариантам доставки – по прямой схеме и по терминальной предлагаемой схеме. Были рассмотрены следующие варианты совершенствования организации перевозок на полигоне С:

- второй вариант – приобретается новый подвижной состав: автомобили-самопогрузчики марки Daewoo Ultra Novus (магистральные перевозки) в количестве 40 единиц и Hyundai GOLD (местные перевозки по сбору-развозу контейнеров с/на терминал (а)). Ранее имевшиеся автомобили ISUZU NQR реализуются по остаточной цене. Транспортная компания арендует два грузовых терминала: Т-1 – сборный (аккумуляция грузов в контейнерах), Т-2 – распределительный (дистрибуция);

- третий вариант – при прочих тех же условиях второго варианта транспортная компания строит самостоятельно два грузовых терминала.

По всем трем вариантам доставки проведен расчет суммарных расходов. Техничко-экономические показатели сведены в таблицу 1. В случае, если планируется длительная эксплуатация терминалов и мощные грузопотоки, то транспортной компании рекомендуется построить терминалы. В случае, если доставка осуществляется по разовому договору сроком действия до одного года, то целесообразно будет арендовать терминалы.

При этом в каждом из двух предложенных вариантов достигается снижение эксплуатационных затрат (свыше 500 млн. руб.) и себестоимости перевозки (не менее 35 тыс. руб.) по сравнению с существующими условиями.

Расчеты показали, что по предлагаемой схеме организации перевозок с арендой грузовых терминалов значительно уменьшается парк автомобилей (на 118 единиц), эксплуатационные расходы (на 602 млн.руб./год) и продолжительность выполнения грузовых операций (на 0,3 ч.), что определяет снижение удельной себестоимости перевозки одного контейнера на 34 тыс.руб.

Таким образом, внедрение грузовых терминалов с рациональным выбором подвижного состава на данном полигоне является целесообразным. Предлагаемый подход дает существенный эффект, обеспечивает повышение производительности автомобилей и снижение себестоимости перевозок.

Таблица 1 – Сравнение технико-экономических показателей

№	Экономический показатель	Прямая доставка (1)	Предлагаемая терминальная доставка (аренда терминалов) (2)		Предлагаемая терминальная доставка (строительство терминалов) (3)	
		Борт. ISUZU NQR	С/п Hyundai GOLD (мест.)	С/п Daewoo Ultra Novus (mag.)	С/п Hyundai GOLD (мест.)	С/п Daewoo Ultra Novus (mag.)
1	Объем перевозок, конт./сут. / тонн/сут.	70 / 350	70 / 350		70 / 350	
2	Количество ПС / инв., ед.	176 / 235	9 / 9 / 18 24	40 / 54	9 / 9 / 18 24	40 / 54
3	Грузоподъемность, тонн номинал. / тонн факт. / кол-во конт.	5,5 / 5 / 1	5,5 / 5 / 1	21,5 / 20 / 4	5,5 / 5 / 1	21,5 / 20 / 4
4	Амортизационные отчисления, тыс. руб./год	35 904	5 616	25 920	5 616	25 920
5	Годовой фонд оплаты труда, водителей/слесарей, тыс. руб./год	4 493,03	1 597,44 1 348,23 / 249,21		1 597,44 1 348,23 / 249,21	
6	Отчисления от фонда оплаты труда, водителей/слесарей, тыс. руб./год.	1 347,91 1 036,85 / 311,06	479,23 404,47 / 74,76		479,23 404,47 / 74,76	
7	Расходы на ГСМ, тыс. руб./год.	687 539,53	3 124,52	192 494,12	3 124,52	192 494,12
8	Расходы на износ и ремонт шин, тыс. руб./год	171 884,88	48 904,66		48 904,66	
9	Арендная плата на терминалах, тыс. руб./год	–	21 000		–	–
10	Затраты на обслуживание терминалов, тыс.руб./год	–	–	–	12 500	
11	Эксплуатационные расходы, тыс. руб./год	901 169, 36	299 135, 98		290 635, 98	
12	Капитальные затраты, тыс.руб.	–	139 360		189 360	
12.1	Затраты на строительство двух терминалов, тыс. руб.	–	–		50 000	
12.2	Расходы на покупку ПС, тыс. руб.	–	46 800	216 000	46 800	216 000
12.3	Доходы от продажи ПС, тыс. руб.	–	176 000		176 000	
13	Приведенные затраты, тыс. руб./год	–	294 859, 18		300 859, 18	
14	Себестоимость перевозки, тыс.руб./контейнер	51,50	16,85		17,19	

ВЫБОР ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ШТУЧНОГО ГРУЗА

Покровская О.Д., Ян Я.В., Чистяков С.А.

Сибирский государственный индустриальный университет

г. Новокузнецк

Целью данной работы является выбор рационального вида погрузо-разгрузочного механизма (далее – ПРМ) в заданных условиях:

- сменный объем перевозок – 200 т/смену;
- тип груза – штучный, пакетированный, одна отправка массой 5 тонн;
- время работы автомобиля на маршруте – 8 часов;
- дальность перевозки – 30 км;
- техническая скорость автомобиля – 40 км/ч;
- коэффициент использования грузоподъемности автомобиля – 1.

К задачам, решаемым в работе, относятся: параллельный выбор грузоподъемности подвижного состава и экономической принадлежности технических средств (автомобилей и ПРМ).

Проведено сравнение четырех видов ПРМ: козловой кран; башенный кран; электропогрузчик; автопогрузчик грузоподъемностью 5 тонн.

Сравнительный анализ технических характеристик указанных ПРМ позволил выделить ряд критериев, определяющих выбор вида ПРМ:

1) Продолжительность погрузки/разгрузки одного бортового автомобиля. Для решения задачи параллельного выбора грузоподъемности автомобиля рассматривались варианты грузоподъемности 5 и 10 тонн (одна и две отправки соответственно).

При расчете времени, затрачиваемого на погрузку/разгрузку автомобилей башенным и козловым кранами, в расчет принимались такие технические характеристики ПРМ, как: время подъема/опускания грузозахватного устройства и скорость перемещения тележки. Также учитывалось время на строповку и расстроповку груза и время маневрирования автомобилей на погрузо-разгрузочном фронте.

В случае с авто- и электропогрузчиками учитывались такие технические характеристики, как: время захвата груза, время подъема вил, скорость движения погрузчика передним и задним ходом; время, затрачиваемое на один грузовой цикл.

Расчет продолжительности погрузо-разгрузочных операций показал, что на погрузку одного бортового автомобиля (грузоподъемностью 5 тонн или одна отправка) указанные ПРМ затрачивают: козловой кран – 0,073 ч; башенный кран – 0,077 ч; автопогрузчик – 0,037 ч; электропогрузчик – 0,029 ч.

Для автомобилей грузоподъемностью 10 тонн или две отправки время погрузо-разгрузочных операций составило: козловой кран – 0,146 ч; башенный кран – 0,137 ч; автопогрузчик – 0,074 ч; электропогрузчик – 0,042 ч.

Результаты проведенного расчета сведены в таблицы 1,2.

Таблица 1 – Расчет при грузоподъемности автомобилей – 5 тонн

ПРМ	L, км	Сменный объем перевозок, т/смена	Годовой объем перевозок, т/год	Время оборота, ч.	Количество оборотов за смену, ед.	Количество автомобилей, ед.
Автопогрузчик	30	200	50000	0,79	10,17	3,94
Козловой кран	30	200	50000	0,82	9,72	4,12
Башенный кран	30	200	50000	0,9	8,85	4,52
Электропогрузчик	30	200	50000	0,81	9,89	4,04

Таблица 2 – Расчет при грузоподъемности автомобилей – 10 тонн

ПРМ	L, км	Сменный объем перевозок, т/смена	Годовой объем перевозок, т/год	Время оборота в часах	Количество оборотов за смену	Количество автомобилей
Автопогрузчик	30	200	50000	0,82	9,71	2,06
Козловой кран	30	200	50000	0,89	8,96	2,23
Башенный кран	30	200	50000	1,02	7,81	2,56
Электропогрузчик	30	200	50000	0,83	9,59	2,09

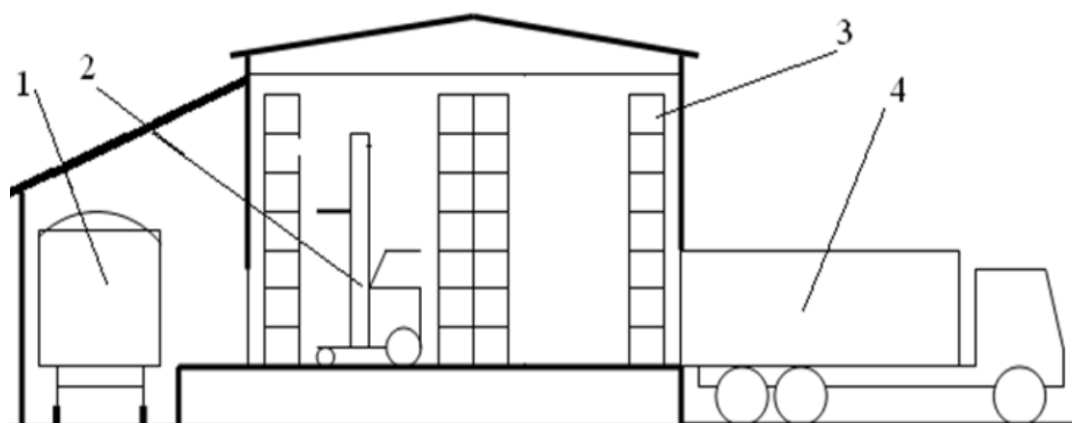
2) *Стоимость ПРМ.* Стоимость нового башенного крана отечественного производства составляет 9-14 миллионов рублей. Европейский аналог дороже на 25-30 %, КНР – на 55-60%. Стоимость нового авто- и электропогрузчика составляет порядка 1,5 миллионов рублей. Стоимость нового козлового крана варьируется в пределах 1,7-2,5 миллионов рублей.

Также был рассмотрен вариант аренды ПРМ на время проведения работ: башенный кран – 750 руб./час; козловой кран – 650 руб./час; погрузчики – 600-700 руб./час. При этом аренда погрузчика как организационное мероприятие проще, чем аренда крана.

3) *Тип склада и грузового фронта.* Выбор вида ПРМ зависит также от типа склада и компоновки грузового фронта, на котором будет применяться

ПРМ. В случае, если открытые и полужакрытые складские помещения предполагают возможность использования любого типа ПРМ, то закрытый склад будет обслуживаться авто- и электропогрузчиками. В небольших складских помещениях могут применяться электропогрузчики.

Типовой состав грузового фронта, обслуживаемого погрузчиками, представлен на рис. 1.



Условные обозначения: 1 – ж.д.вагон; 2 – авто-/ электропогрузчик;
3 – груз; 4 – бортовой автомобиль.

Рисунок 1 – Типовой вариант компоновки грузового фронта с использованием авто-/ электропогрузчика

Выводы:

1. При проектировании рациональной транспортно-грузовой системы требуется параллельно решать задачи выбора типа ПРМ и подвижного состава, компоновки грузового фронта и экономической принадлежности технических средств.

2. Сокращение продолжительности погрузо-разгрузочных операций обуславливает уменьшение времени оборота автомобиля, и потребного количества автомобилей, увеличение количества оборотов и производительности и, как следствие, эффективность всей транспортно-грузовой системы.

3. Тип подвижного состава по грузоподъемности следует выбирать, исходя из конкретных условий организации перевозки. В случае, если установлены сжатые сроки доставки и перевозка носит разовый характер, желательно увеличить грузоподъемность используемых автомобилей (в нашем случае – применять автомобили грузоподъемностью 5 тонн) – сокращение времени нахождения автомобиля под грузовыми операциями позволит сократить время оборота. В случае, если грузопоток стабилен и грузополучателю требуется постоянное равномерное пополнение запаса на складе, следует применять автомобили грузоподъемностью 10 тонн или два контейнера. В этом случае при увеличении времени погрузки и выгрузки автомобиля увеличивается время оборота, но при этом сокращается

потребное количество подвижного состава, что выгодно транспортной компании при работе на постоянных направлениях.

4. В заданных условиях, исходя из трех значимых критериев, для грузовых операций рационально использовать автопогрузчик. Высокая производительность ПРМ определяет производительную работу подвижного состава на маршруте. По всем трем критериям автопогрузчик является приемлемым вариантом. Помимо невысокой стоимости нового автопогрузчика и аренды одного маш./час, продолжительность выполнения погрузочно-разгрузочных работ данным ПРМ самая короткая. Это, в свою очередь, позволяет сократить время оборота, как следствие, и количество автомобилей для перевозки заданного объема груза. Все это влечет за собой уменьшение затрат на автомобили, горюче-смазочные материалы и себестоимость перевозки.

5. В случае, если грузопоток стабилен по объему и планируется длительная эксплуатация ПРМ и подвижного состава на данной перевозке, то транспортной компании рекомендуется приобрести подвижной состав и ПРМ в собственность. В случае, если перевозка выполняется по разовому договору сроком действия до одного года, то целесообразно использовать аренду.

VI. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.518:378.141.21

ЭКСПЕРТНАЯ РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ «РЕЙТИНГОВАНИЯ» АБИТУРИЕНТОВ ВУЗА

Бабичева Н.Б.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Киселева Т.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Во время проведения приемной кампании в вузы у ответственных лиц может возникнуть затруднение с отбором абитуриентов из группы с равным количеством баллов по ЕГЭ. Для облегчения процесса принятия решения в таких ситуациях необходим дополнительный инструмент отбора, обладающий гибкостью и адаптивностью.

В качестве такого инструмента отбора может выступить рейтинг довузовских достижений абитуриента. При помощи рейтинга имеется возможность выбрать наилучших кандидатов из общего списка претендентов по заранее определенным критериям. То есть, с использованием, в дополнение к результатам ЕГЭ, рейтинга абитуриента ответственные лица приемной комиссии получают гибкий инструмент дополнительного отбора, позволяющий зачислять в вуз абитуриентов с высокой учебной и научной подготовкой, активной жизненной позицией, широким кругозором для усвоения программы высшего профессионального образования [1].

В основу структуры рейтинга положены довузовские достижения поступающего, а именно различные учебные, научные, творческие и спортивные результаты, которые им достигнуты. Для формирования структуры рейтинга необходимо разработать при помощи экспертов нормативные модели, для назначения соответствующих баллов за результаты. Максимальная сумма баллов рейтинга абитуриента равна 100.

На первом этапе формирования структуры был составлен перечень довузовских мероприятий. При этом необходимо было обеспечить полноту охвата всего спектра довузовских достижений, важных для вуза. Затем созданная экспертная группа опрашивалась для уточнения списка учитываемых мероприятий при помощи опросных листов. Причем, эксперты определяли не только необходимость учета мероприятия, но и его важность. Кроме того в процессе опроса эксперты осуществляли классификацию мероприятий на группы и определяли вес группы в общей структуре рейтинга.

В состав экспертной группы, разрабатывающей нормативные модели, были включены директора институтов, заведующие выпускающими кафедрами, ученые секретари данных кафедр, члены вузовской приемной комиссии.

В ходе опроса была предложена разбивка мероприятий по четырем группам, соответствующим учебной, научной, творческой и спортивной подготовки абитуриентов. Так как, по итогам опроса, творческая и спортивная составляющие совокупно отражают всего одну десятую потенциала абитуриента, по согласию экспертов, их объединили в одну укрупненную группу. Таким образом, был получен список мероприятий, которые необходимо учитывать при построении структуры рейтинга, распределенный по трем классам, отвечающим за потенциалы абитуриента: учебный, научный, творческий и спортивный.

По решению экспертов, большее количество баллов отдано учебному потенциалу, затем научному и потом уже творческому и спортивному потенциалам. Каждому классу присвоено максимально возможное количество баллов, по мнению экспертов:

1) учебный потенциал – 55 баллов – для учебного заведения представляет максимальную важность, так как отбираемые абитуриенты должны успешно усвоить программы высшего профессионального образования;

2) научный потенциал – 35 баллов – в высшем учебном заведении у студентов должны быть развиты навыки научных исследований и из них готовятся будущие ученые страны, поэтому абитуриенты, обладающие высоким научным потенциалом, необходимы вузу;

3) творческий и спортивный потенциалы – 10 баллов – объединенный класс потенциалов, отображающий способность абитуриента к творческому и спортивному развитию и самовыражению. Проведем дополнительную декомпозицию данного класса:

- творческий потенциал – 6 баллов;
- спортивный потенциал – 4 балла.

В свою очередь, каждому учитываемому мероприятию внутри выделенного класса присвоено определенное количество баллов, наиболее точно описывающих важность этого мероприятия. Данное распределение баллов может быть изменено по требованию экспертов, приемной комиссии или в силу изменения требований к абитуриентам и выпускникам вуза. Список локальных критериев определяется до начала учебной кампании.

На основе вышеуказанных экспертных заключений получены нормативные модели потенциалов абитуриента. В таблицах 1-3 отражены составляющие учебного, научного, творческого и спортивного потенциалов. По нормативным моделям были разработаны различные методы рейтинговой оценки и сформирована комбинированная методика, обладающая гибкостью настройки и охватывающая все учитываемые мероприятия.

Первоначально был разработан метод рейтинговой оценки с балльной системой. Полученный метод был прост в разработке и положен в основу более сложных методов расчета рейтинговой оценки. Однако, у метода отсутствовала необходимая гибкость настройки и возможность адаптивного изменения структуры. При этом удаление или добавление какой-либо категории рейтинга влечет за собой необходимость перераспределения баллов для всего рейтинга в целом. Также возникли сложности с выражением символьных градаций оценки (хорошо, средне, плохо) в численных значениях (сложно обосновать распределение баллов за ту или иную категорию).

Таблица 1 – Составляющие учебного потенциала абитуриента и начисляемые баллы

1. Интеллектуальный марафон - 9 баллов		2. Олимпиада «Абитуриент» - 10 баллов	
баллы	<i>условие:</i> если по предмету набрано баллов	баллы	<i>условие:</i> если абитуриент набрал по каждому предмету
3	10	2	максимум баллов
2	8	1	0,5 от возможных баллов
1	4		
0,5	2		
3. Другие олимпиады - 6 баллов		4. Репетиционная форма ЕГЭ - 8 баллов	
баллы	<i>условие:</i> занятое место	баллы	<i>условие:</i> количество баллов, полученное по каждому предмету
6	за 1 место	2	от 90 и более
4	за 2 место	1,5	от 75 до 89
2	за 3 место	1	от 50 до 74
		0,5	от 35 до 49
5. ЕГЭ по неосновным предметам - 8 баллов		6. Средний балл аттестата - 5 баллов	
баллы	<i>условие:</i> количество баллов, полученное по каждому предмету	баллы	<i>условие:</i> средний балл аттестата
2	от 90 и более	5	5
1,5	от 75 до 89	4	4 и выше
1	от 50 до 74	3	3 и выше
0,5	от 35 до 49		
7. Наличие медали - 4 балла		8. Подготовительные курсы - 5 баллов	
баллы	<i>условие:</i> медаль	баллы	<i>условие:</i> продолжительность подготовительных курсов
4	золотая	5	8-ми месячные курсы
2	серебряная	4	6-ти месячные курсы
		3	4-х месячные курсы
		2	3-х месячные курсы
		1	месячные курсы

Для увеличения гибкости расчета рейтинговой оценки были добавлены весовые коэффициенты, при помощи которых стало возможно перераспределение баллов рейтинга в зависимости от потребностей конкретного направления подготовки. Но большое число весовых коэффициентов затрудняло восприятие экспертной группой составляющих рейтинга. Также потребовалось нормирование данных для большинства категорий рейтинга, что в некоторых случаях могло привести к необходимости пересчета рейтинга всех абитуриентов, подавших документы в вуз.

Таблица 2 – Составляющие научного потенциала абитуриента и начисляемые баллы

1. Региональная научная конференция «Интеллект будущего» – 10 баллов		2. Научно-технические конференции научных школ СибГИУ – 5 баллов	
баллы	<i>условие:</i> уровень награды участника	баллы	<i>условие:</i> уровень награды участника
10	Диплом I степени	5	Диплом I степени
8	Диплом II степени	4	Диплом II степени
6	Диплом III степени	3	Диплом III степени
4	Грамота или благодарственное письмо	2	Грамота или благодарственное письмо
2	За участие в конференции	1	За участие в конференции
3. Всероссийская научная конференция «Шаг в будущее» – 5 баллов		4. Другие научно-практические конференции – 5 баллов	
баллы	<i>условие:</i> уровень награды участника	баллы	<i>условие:</i> уровень награды участника
5	Диплом I степени	5	Диплом I степени
4	Диплом II степени	4	Диплом II степени
3	Диплом III степени	3	Диплом III степени
2	Грамота или благодарственное письмо	2	Грамота или благодарственное письмо
1	За участие в конференции	1	За участие в конференции
5. Количество опубликованных научных работ – 5 баллов		6. Запатентованные изобретения, полезные модели, БД и ПП – 5 баллов	
баллы	<i>условие:</i> статус издания	баллы	<i>условие:</i> полученный результат
5	Зарубежное издание	5	Индивидуальный патент
3	Рецензируемым журнал, центральное издание РФ	4	Индивидуальное свидетельство на БД или ПП
1	Нерецензируемое издание	3	Коллективный патент
		2	Коллективное свидетельство на БД или ПП

Для устранения сложности восприятия и отхода от необходимости нормирования данных был разработан метод рейтинговой оценки с использованием лингвистических переменных. Данный метод позволял

сократить количество весовых коэффициентов, давал возможность экспертам высказывать свое мнение на естественном языке и, при помощи лингвистических переменных, переводить значения в числовую форму. Однако такой метод трудно формализуем и трудно реализуем в программном виде.

На основе разработанных методов и выявленных недостатков возникла необходимость разработки комбинированной методики расчета рейтинговой оценки абитуриента, которая позволяет гибко формировать структуру рейтинга, облегчает восприятие экспертами различных категорий рейтинга за счет применения лингвистических переменных.

Таблица 3 – Составляющие творческого и спортивного потенциалов абитуриента и начисляемые баллы

1. Творческие мероприятия различного уровня – 2 балла		2. Наличие трудовой династии – 1 балл	
баллы	<i>условие:</i> уровень награды участника	баллы	<i>условие:</i> уровень трудовой династии
2	Диплом I степени	1	Трудовая династия в третьем поколении
1,6	Диплом II степени	0,5	Трудовая династия во втором поколении
1,2	Диплом III степени		
0,8	Грамота или благодарственное письмо		
0,4	За участие		
3. Наличие знаков отличия – 3балла		4. Спортивные соревнования различного уровня – 2 балла	
баллы	<i>условие:</i> уровень награды участника	баллы	<i>условие:</i> уровень достижения
3	Медаль	1	I место
2	Почетный знак	0,75	II место
1,5	Похвальный лист	0,5	III место
1	Благодарственное письмо	0,25	За участие
0,5	Почетная грамота		
5. Наличие спортивной квалификации – 2 балла			
баллы	<i>условие:</i> статус издания	баллы	<i>условие:</i> статус издания
2	Заслуженный мастер спорта	0,6	I разряд
1,5	Мастер спорта международного класса	0,4	II разряд
1,25	Мастер спорта	0,2	III разряд
1	Кандидат в мастера спорта		

Комбинированная методика расчета рейтинговой оценки абитуриента объединяет элементы балльного метода, метода с весовыми коэффициентами и элементами нечеткой логики, с адаптацией для групп

специальностей и каждого направления подготовки. Методика позволяет, благодаря использованию нечетких высказываний и соответствующей функции принадлежности, сократить количество весовых коэффициентов, обеспечивая, тем самым, более простую интерпретацию полученных результатов рейтинга.

Библиографический список

Бабичева Н.Б., Ляховец М.В. Комбинированная методика расчета рейтинга абитуриента / Сб. тр. VIII Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве». – Новокузнецк: изд. центр СибГИУ, 2011. – С. 367-369.

УДК 519

О МЕТОДЕ СЕТЕВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

Грачев А.В.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Киселева Т.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Введение

Ключевым элементом сетей являются магистральные каналы как между провайдерами, так и между точками обмена данными, через которые осуществляется обмен данными (трафиком) между странами и материками. За последние годы объем трафика через эти узлы многократно возрос [1,2], и видимо такая тенденция сохранится.

В этих условиях разработка механизмов оптимизации и ускорения передачи данных по каналам связи является актуальной.

Разумно предположить, что дальнейшим развитием адаптивной маршрутизации будет являться децентрализация по признаку, как типа передаваемых данных, так и их направления. То есть связь маршрута и контента как единой системы.

Частичная децентрализация управляющих узлов

В основе предлагаемого принципа адаптивной маршрутизации подразумевают, что необходимо определение таких узлов в сети, которые на уровне физической иерархии занимают подчиненное положение, а на уровне пользовательской информации являются состоявшимися центрами, через которые происходит передача большого массива данных.

Теория «малых миров» [3] в своей основе подразумевает, что во всем множестве узлов в сети существует отличное от нуля количество узлов, которые производят обмен данными только между несколькими узлами в обособленной группе. То есть количество данных, передаваемых внутри определенной группы, значительно выше, чем число данных, передаваемых этими узлами во всем множестве сетевых узлов. В то же время феномен

«малого мира» возникает только тогда, когда сети, узлы которых имеют одновременно некоторое количество локальных связей, имеют также несколько дальних связей. То есть связей с ресурсами за пределами обособленной автономной системы. Причем эти связи зависят не от физической иерархии сети, а от пользовательского обмена информацией.

Исходя из теории можно принять, что на определенном этапе процесса передачи пакетов у того или иного маршрута существует определенная история его использования, параметры надежности которого изменяются в незначительном диапазоне, не сильно отклоняясь от верхней планки. Подобные ситуации не редкость.

Узлы с наибольшим количеством кратчайших путей имеют большую плотность связей между соседями, притом, плотность между отдельными группами узлов низкая. Таким образом, транзитный узел имеет больше количество связей между соседними узлами, чем между остальным множеством узлов. Устойчивые связи с соседними узлами являются *сильными* связями, А связи с остальным множеством узлов – *слабыми*. Когда количество сильных связей превышает количество слабых связей – то появляется феномен малого мира. В то же время сеть в совокупности сохраняет связанность только в случае наличия именно слабых связей.

Для реализации идеи требуется разработать алгоритм выбора наиболее оптимального маршрута.

Приведенный на рисунке 1 алгоритм содержит 6 основных блоков:

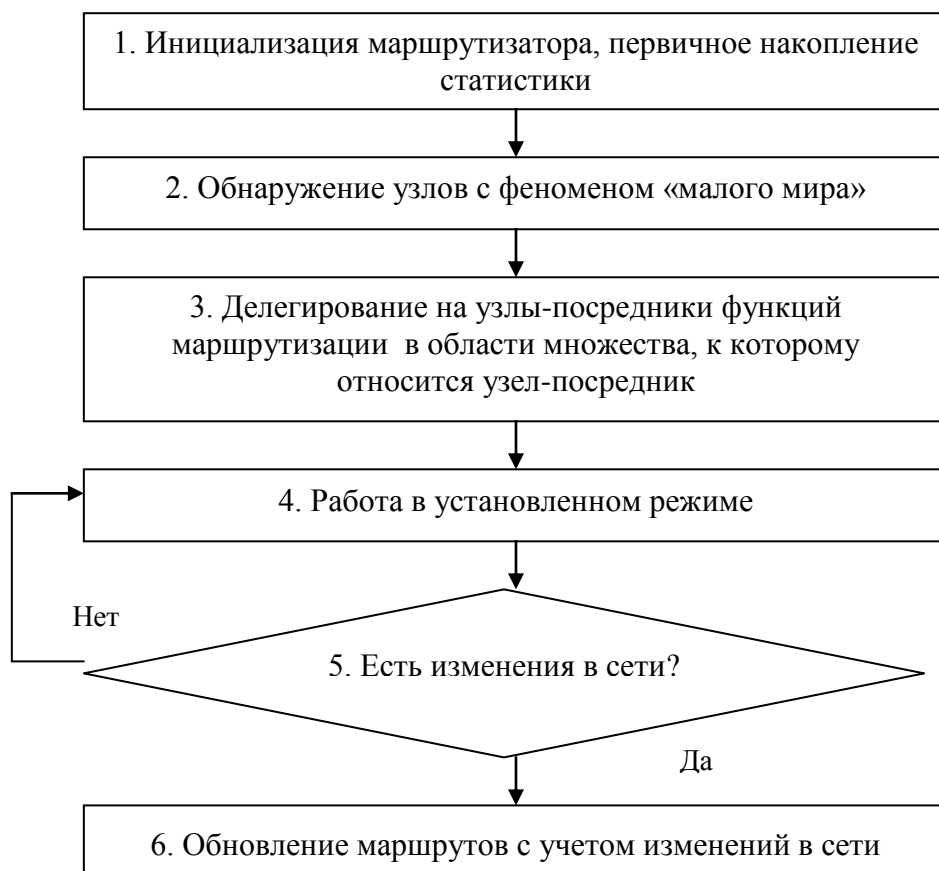


Рисунок 1 - Укрупненная схема алгоритма выбора маршрута

Этап первый: Инициализация сети и первичное формирование таблиц маршрутизации, накопление статистики: идентификация маршрутизаторов обмена эхо-запросами.

Этап второй: Обнаружение феномена «малого мира». Анализ накопленной статистики. Оценивание (назначение метрики) выявленным каналам.

Этап третий: Делегирование на узлы-посредники функция управления каналами локальной группы, выявленными на предыдущем этапе.

Этап четвертый: Работа в установленном режиме. Пересылка пакетов данных с применением адаптивной маршрутизации на локальной группе.

Этап пятый: Отслеживание изменений в таблице локальных маршрутов, при изменении запуск процесса переоценивания и ранжирования новых маршрутов в таблице маршрутизации.

Этап шестой: Обновление таблицы маршрутизации с учетом новых данных.

Как видно из приведенного алгоритма, в нем присутствует несколько блоков, решающих задачу аналитического расчета наиболее оптимальных параметров.

Решение данной задачи основано, прежде всего, на изучении существующих на практике способов передачи данных с применением адаптивной маршрутизации. Для адаптивной маршрутизации наиболее значимыми являются именно транзитные узлы слабых связей. Так они сохраняют целостность, но в то же время не являются единственными узлами для кратчайших маршрутов. В таких условиях применяется многоагентная (гибридная) маршрутизация [4], своеобразный компромисс между иерархической и децентрализованной типами адаптивной маршрутизации, но созданной на основе только физической основы сети. Развитие сетей представляет собой множество сетей разных топологий с разными типами физических сред, и в то же время множество связей и ссылок, которые отражают предпочтения разных групп пользователей. А при развитии мобильных сетей еще и в условиях непредсказуемости используемой топологии вообще задача адаптивной маршрутизации еще более сложна. Учитывая то, что сетевым протоколам приходится работать в условиях неопределенности, необходим алгоритм, учитывающий обе составляющие процесса развития сети.

Первично необходимо определить наличие «малых миров».

К данному моменту сеть уже первично инициализирована и успела проработать некоторое количество циклов, имеет накопленную статистику, на которую следует опираться.

Расчет возможного маршрута опирается на наличие истории его использования. Поэтому этап первоначального накопления статистики маршрутизации очень важен. Для этого необходимо рассчитать кратчайшие пути, как наиболее часто используемый маршрут в процессе адаптивной маршрутизации. Это можно сделать с помощью любого из существующих

алгоритмов маршрутизации. Например, наиболее используемыми алгоритмами являются алгоритм Дейкстры и алгоритм Беллмана-Форда. Рассчитав пути, получим набор маршрутов.

В качестве математического аппарата в модели оценки маршрута применяется искусственная нейронная сеть.

Топология искусственной нейронной сети, используемая в модели оценки маршрута, состоит из пяти элементов на входе и из одного элемента на выходе. На рис. 2 приведена модель с использованием обучаемой нейронной сети. Параметры x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 зависят от оцениваемого сегмента сети. Они обязательно учитывают и физическую составляющую, и типы пользовательских данных, и историю использования (надежности).

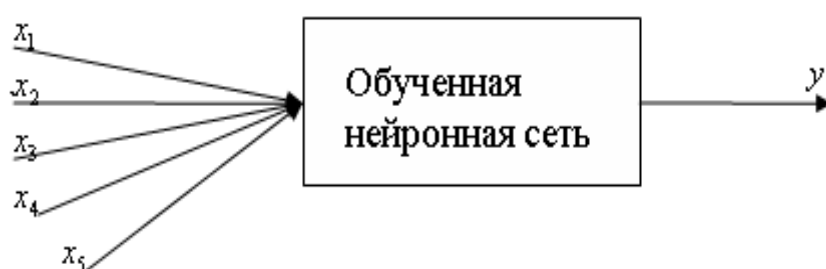


Рисунок 2 - Модель оценки маршрута

Все входные и выходные данные имеют численные значения следовательно необходимость в кодировании входных и выходных параметров отсутствует. Тем не менее, величины были выбраны по принципу обеспечения наибольшего количества факторов, влияющих на работоспособность канала связи в условиях его интенсивного использования, поэтому входные и выходные вполне могут иметь разнородные значения. Так как модель описывает разные характеристики, то и результаты её работы не должны зависеть от применяемых данных. Поэтому для повышения эффективности модели следует привести предобработку данных, приводящую к единому масштабу.

Библиографический список

1. Сводная статистика по мировым точкам обмена трафиком (Москва) - https://prefix.pch.net/applications/ixpdir/detail.php?exchange_point_id=191
2. Московская точка обмена трафиком MSK-IX - <http://www.msk-ix.ru/network/traffic.html>
3. Ландэ Д.В., Снарский А.А., Безсуднов И.В. Интернетика. Навигация в сложных сетях. Модели и алгоритмы - М.: URSS, 2009. – 264 с.
4. Тимофеев А. В. Адаптивное Управление и многоагентная обработка информационных потоков в интегрированных телекоммуникационных сетях // Труды СПИИРАН. 2006 г. Номер 1, Том 3, 62-70 с.

НОРМАТИВНЫЕ МОДЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК В ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ НММ

Дергач Е.Ю.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Зельцер С.Р.
*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

В развитых промышленных странах применение тренажеров для обеспечения безопасной и эффективной работы технологических процессов и производств, в том числе, и в горном деле, закреплено на законодательном уровне правилами безопасности.

В самом общем случае ТС должна отвечать на два вопроса:

- 1) Как изменится ситуация на реальном (натурном) объекте, если реализовать решения или действия обучаемого персонала?
- 2) Какие решения или действия следует реализовать в данной ситуации, чтобы получить требуемый результат

Ответ на эти вопросы могут быть получены с помощью тренажерной системы (ТС) на базе НММ (натурно-математического моделирования), которая приведена на рисунке 2.

Такие ТС могут (и должны!) функционировать в виде обучающих, моделирующих и испытательных комплексов непосредственно в составе действующей АСУ ТП, максимально используя ее программные и технические ресурсы в плане получения, обработки и отображения информации.

НММ позволяет организовать в ТС параллельную работу в одних и тех же условиях, как минимум, трех управляющих систем:

- рабочего назначения, решающей основные производственные задачи;
- технолога-обучаемого или инженера-исследователя;
- нормативной модели деятельности (например, в виде формализованной технологической инструкции), содержащей типовые правила действий и решения, которые обучаемый должен освоить, а затем и превзойти.

Результаты нормативной деятельности служат базой для оценки эффективности управления как обучаемого, так и действующего персонала, и для принятия на этой основе стимулирующих решений, планирования процессов обучения, аттестации персонала и т.п.

По НММ и его применению в ТС накоплен достаточно большой материал, однако некоторые вопросы не являются до конца решенными или не доведены до практических приложений. В первую очередь, это касается методического обеспечения оценки уровня профессиональной готовности технологического персонала, управления процессом обучения и др.

Каждая обучающая система включает в себя пять этапов подготовки персонала: изучение устройства технологической установки; изучение системы управления технологической установкой; изучение основ работы в условиях технологического процесса; изучение основ работы в условиях аварийных ситуаций; закрепление знаний работы в технологическом процессе в условиях аварийных ситуаций.

Каждый из этих этапов имеет два режима работы: «Демонстрация» и «Тестирование». В режиме «Демонстрация» обучающийся изучает материал и закрепляет полученные знания и навыки; в режиме «Тестирование» проводится проверка знаний по каждому из этапов.

Наилучшим образом обеспечить контроль усвоения знаний обучаемым по указанным этапам и режимам позволяет многобалльная рейтинговая система оценок.

Система обучения на основе рейтинговых оценок R - это тактика обучения, основанная на накоплении оценок, в отличие от традиционного способа оценивания, не использующего эффект их суммирования.

По ходу обучения R изменяется, нарастая со временем. В итоге процесс обучения оператора отображается его "рейтинг - характеристикой" $R(t)$. На рисунке 1 изображено несколько возможных "чистых" рейтинговых характеристик - $R(t)$ и $V(t)$ соответственно. Характеристики 1 и 2 - предельные физически возможные $R(t)$. $V_1(t)$ - набор нужного числа R сразу в начале обучения (например, по завершению теоретического курса), $V_2(t)$ - набор необходимого числа R в конце обучения (если говорить о традиционной системе обучения, то это аналогично экзамену); линия "3" - линия "идеального" равномерного нарастания рейтинга, соответствующая стопроцентному уровню для каждого момента обучения. Зависимости $R_{min}(t)$, $R_{max}(t)$ - допустимые границы колебания рейтинговых чисел. Внутри этих границ - "идеально допустимое" пространство решений S - все разнообразие теоретических характеристик.

Характеристики (линии) 1, 2 и 3 на рисунке 2 могут служить нормативной моделью деятельности различной успешности.

Необходимо задать характеристику $R_{min}(t)$, ниже которой нельзя опуститься. Внутри интервала (R_{min} , 100%) лежат границы, соответствующих традиционным отметкам 3, 4, 5.

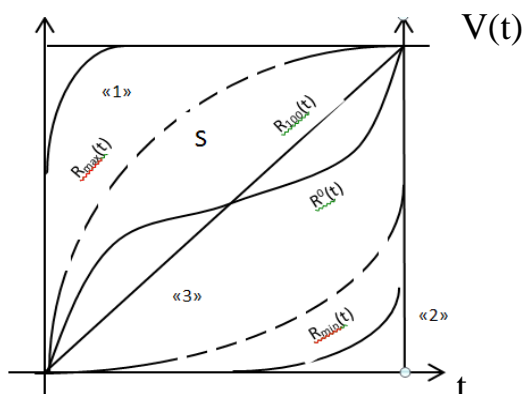


Рисунок 1 - Пример динамики рейтинговых оценок в процессе обучения

При использовании тестовых технологий качество знаний, как правило, оценивается отношением числа правильных ответов к общему числу тестовых заданий, выраженному в процентах. Поэтому целесообразно другие показатели качества обучения, например, при регулировании технологических процессов, оценивать в таких же единицах. Для этого предлагается использовать показатель в виде процента попаданий регулируемой величины, например, в заданный диапазон ($Q_j(l)$, где j – тип задачи управления в обучающей последовательности задач; l – номер «попытки» решения задачи)

$$Q_j(l) = \left(\frac{P_{jl}}{N_{jl}} \right) \times 100\% , \quad (1)$$

где p_{il} – число правильных решений, например, число значений регулируемой величины, попавшей в заданный диапазон;

j - тип задачи управления в обучающей последовательности задач;

l – номер «попытки» решения задачи;

N – число шагов принятия решений или общее количество отсчетов регулируемой величины в l – ой попытке;

i – один из шагов управления в этой же попытке (текущий номер отсчета регулируемой величины).

Общий рейтинг обучаемого вычисляется по формуле:

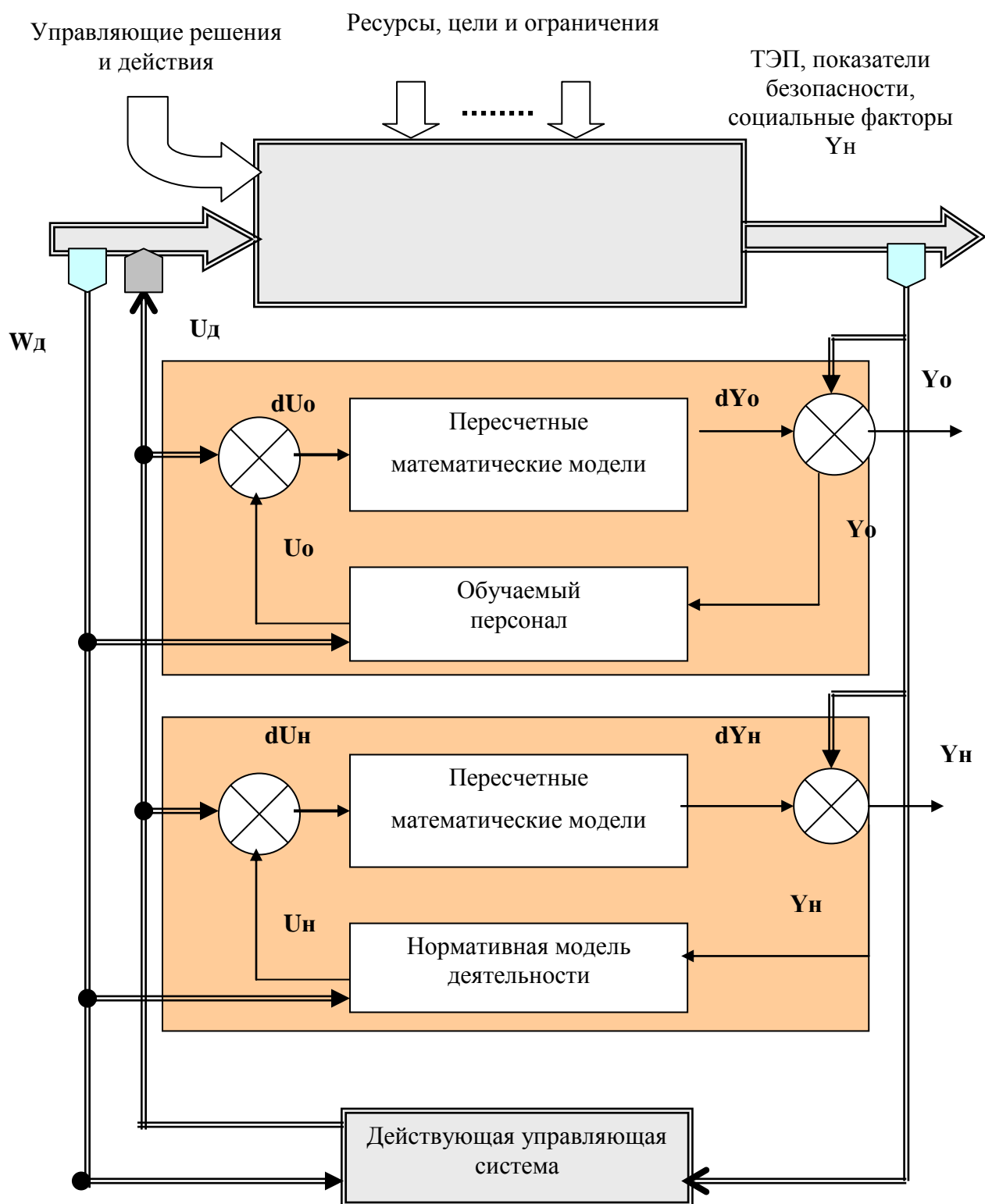
$$R = \sum_{j=1}^{j=J} k_j \times \tilde{Q}_j^{cp} , \quad (2)$$

где J - количество изучаемых дисциплин или типов задач управления;

k_j - коэффициент весомости j -ой дисциплины.

Социальный запрос на высокий профессионализм выражается в эффективной адаптируемости к быстро изменяющимся информационным технологиям, способности к саморазвитию, умению находить эффективные решения проблем. Основные парадигмы образовательных учреждений "традиционного" обучения, основанного на усвоении готовых знаний, умений, навыков, не дают требуемого результата, т.к. использование стандартных учебных программ профобразования не всегда учитывает личностные и профессиональные особенности обучаемых в отличие от обучения с применением информационных технологий, в первую очередь, имитационного моделирования и тренажерных автоматизированных систем.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТРЕНАЖЕРНО-ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ



Y_d , W_d , U_d – информация о реализованных в действующей системе управления параметрах, управляющих воздействиях на их изменение; Y_o , Y_n – показатели в результате действий обучаемого (U_o) и нормативной модели (U_n); переменные с индексом «d» - по тексту раздела

Рисунок 2 - Структура ТС на базе НММ

Библиографический список

1. Костенко К. И. Моделирование информационной системы оценки качества образования / К. И. Костенко, С. Д. Некрасов // Университетское управление: практика и анализ. - 2003. - N 3(26). С. 77-83
2. Некрасов С. Д. Проблема оценки качества профессионального образования специалиста // Университетское управление: практика и анализ. 2003. N 1.
3. Инструкция оператора по производству концентрата на участке обогащения «Шахты №12» в г.Киселевске

УДК 004.4

ЗАДАЧА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ АППАРАТНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ, НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ «HYPER THREADING»

Буглаев С.А

Научный руководитель: Добрынин А.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Введение

Термин Hyper Threading используется компанией Intel для определения их технологии, которая позволяет операционной системе воспринимать одно ядро ЦП, как два ядра.

Суть рассматриваемой задачи состоит в следующем:

Дано:

- Компьютер на базе процессора Dual Xeon MP;
- Различные программные продукты, выступающие в роли синтетических тестов(Adobe Photoshop,after effect)

Требуется: оценить эффективности работы технологии Hyper threading путем проведения синтетических тестов.

Сформулируем, что же известно о технологии Hyper Threading(HT):

1) Данная технология предназначена для увеличения эффективности работы процессора. По оценкам Intel, большую часть времени работает всего 30% всех исполнительных устройств в процессоре. Согласитесь, это достаточно неэффективно. И то, что возникла идея каким-то образом "догрузить" остальные 70% — выглядит вполне логично.

2) Intel утверждает, что при оптимизации программ для данной технологии выигрыш будет составлять до 30%. Это более чем достаточный эффект от оптимизации.

3) Суть технологии Hyper Threading состоит в том, что во время исполнения одной "нити" программы простаивающие исполнительные

устройства могут заняться исполнением другой "нити" программы (или "нити" другой программы). Или, например, исполняя одну последовательность команд, осуществлять ввод данных из памяти для исполнения другой последовательности (рисунок 1).

Технология Hyper Threading в широком смысле также представляет собой аппаратную технологию виртуализации, поскольку при ее использовании в рамках одного физического процессора происходит симуляция двух виртуальных процессоров в рамках одного физического с помощью техники Symmetric Multi Processing (SMP) [4].

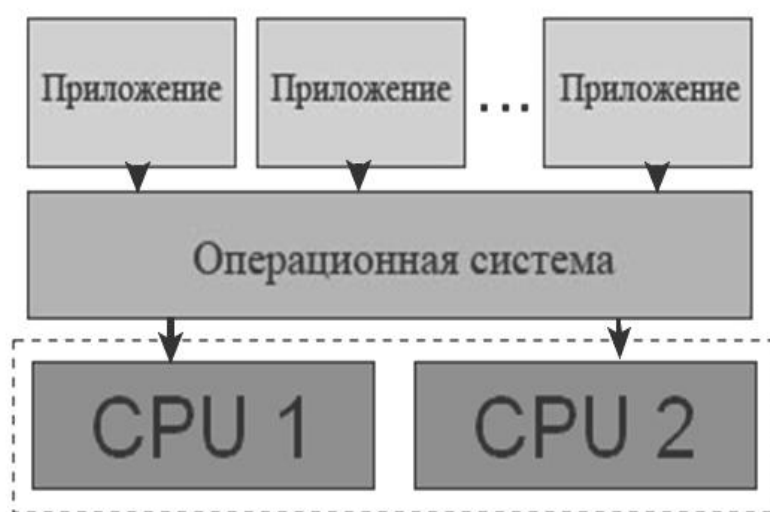


Рисунок 1- Принцип работы Hyper Threading

Принцип работы

В процессорах с использованием этой технологии каждый физический процессор может хранить состояние сразу двух потоков, что для операционной системы выглядит как наличие двух логических процессоров (англ. Logical processor). Физически у каждого из логических процессоров есть свой набор регистров и контроллер прерываний (APIC), а остальные элементы процессора являются общими. Когда при исполнении потока одним из логических процессоров возникает пауза (в результате кэш-промаха, ошибки предсказания ветвлений, ожидания результата предыдущей инструкции), то управление передаётся потоку в другом логическом процессоре. Таким образом, пока один процесс ждёт, например, данные из памяти, вычислительные ресурсы физического процессора используются для обработки другого процесса (рисунок 2).

Недостатки Hyper Threading:

- высокий уровень энергопотребления
- значительное повышение переполнения КЭШа
- потеря производительности при использовании неоптимизированных приложений.

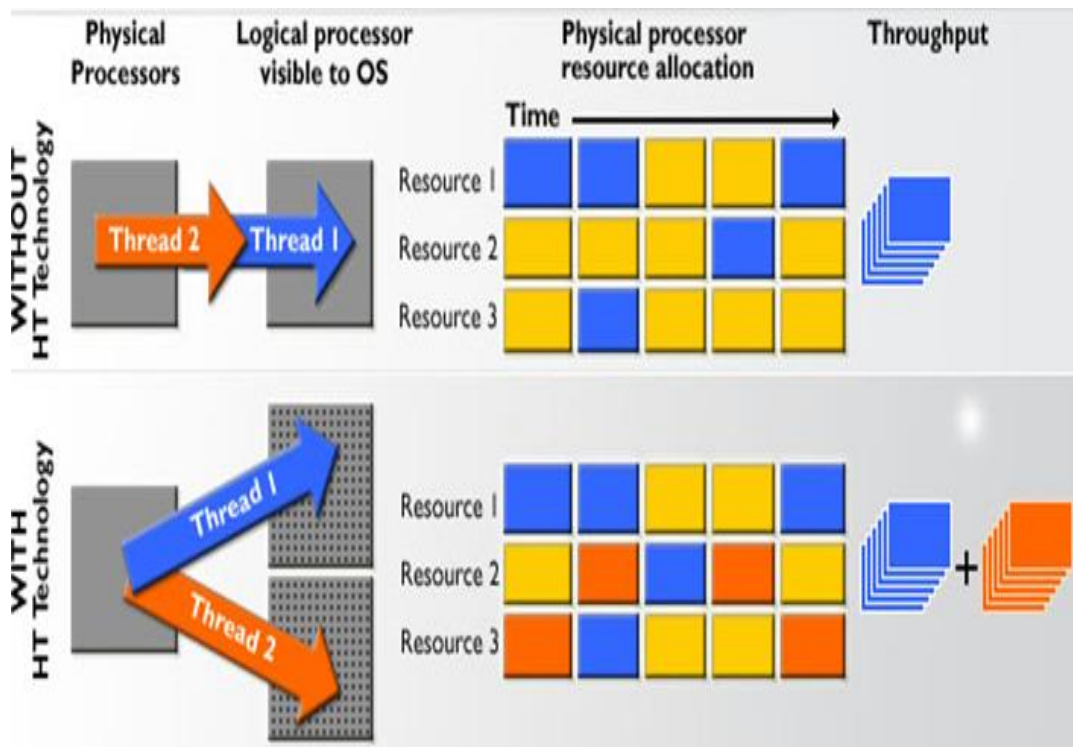


Рисунок 2- Сравнение работы процессора без и с технологией Hyper Treading

Два логических процессора на самом деле являются равноправными, а включение Hyper Threading "не мешает" работе одного потока.

Визуализация

Результаты четырех тестов в пакетах 3D-моделирования 3D Studio MAX 4.26, Lightwave 7b и A|W Maya 4.0.1 объединены в одну диаграмму ввиду их схожести (рисунок 3).

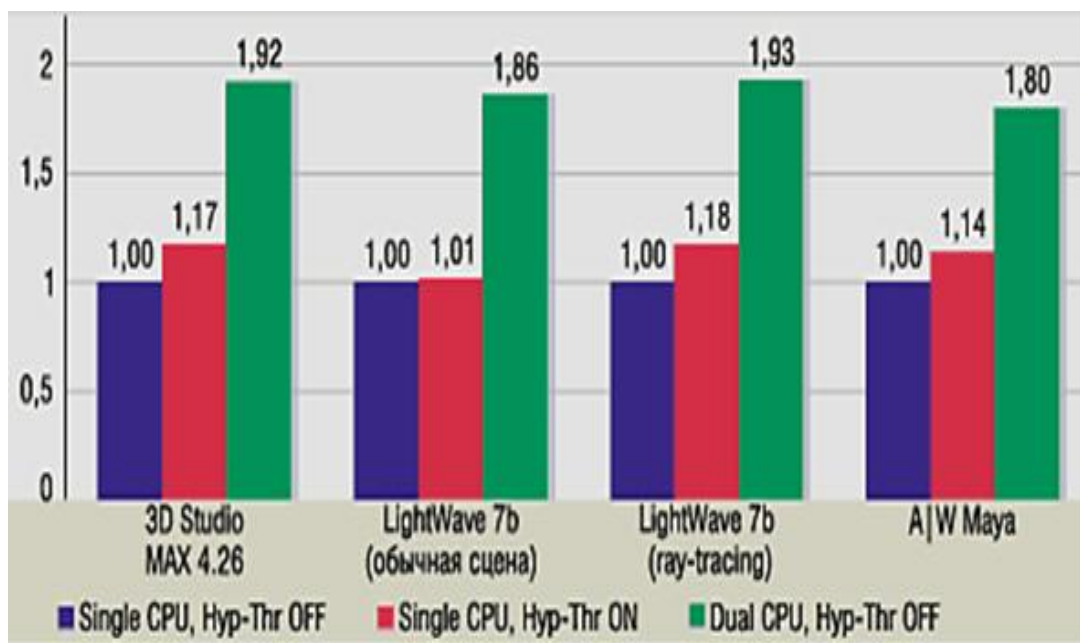


Рисунок 3- Влияние HT на визуализацию

В трех тестах виден прирост производительности от Hyper Threading 14-18%, с одной стороны, это немного по сравнению со вторым физическим CPU, но с другой — весьма неплохо, учитывая "бесплатность" этого эффекта.

Photoshop и MP3-кодирование

Кодек GOGO-no-coda 2.39с один из немногих продуктов поддерживающих SMP, и на его применении замечен 34%-ный прирост быстродействия от двухпроцессорности (рисунок 4). Вместе с тем эффект от Hyper Threading в данном случае нулевой (разницу в 3% мы существенной не считаем). А вот в тесте с Photoshop 6.0.1 (скрипт, состоящий из большого набора команд и фильтров) видно замедление при включении Hyper-Threading, хотя второй физический CPU добавляет в этом случае 12% производительности. Вот, собственно, единственный случай, когда Hyper-Threading вызывает падение быстродействия [5].

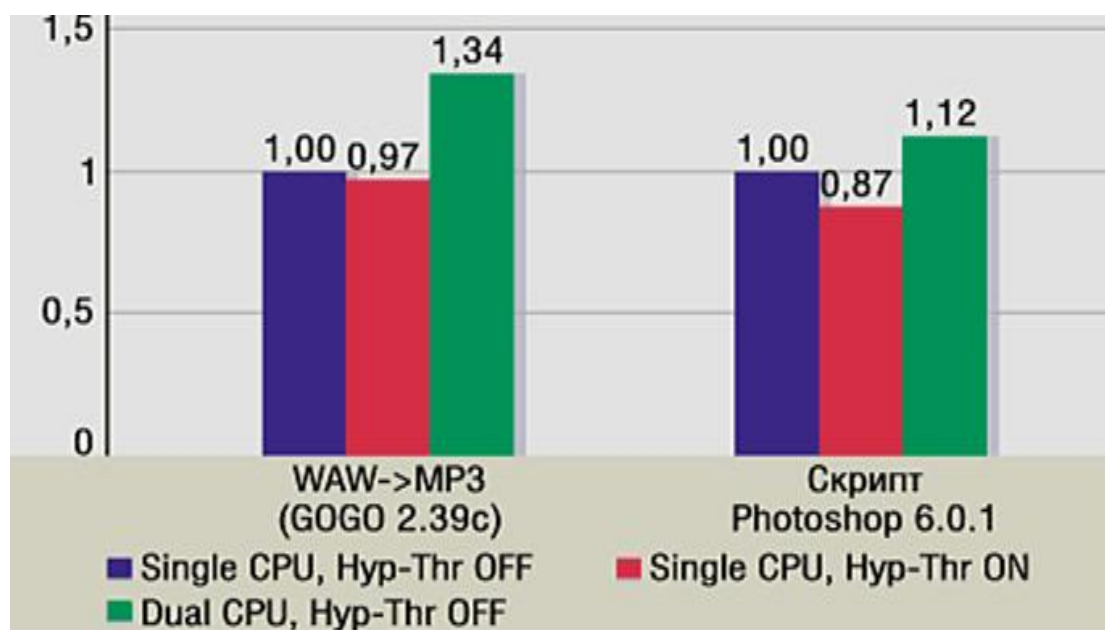


Рисунок 4- Влияние HT на Photoshop и кодирование mp3

Библиографический список

1. Режим доступа: http://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/hyper-threading/hyper-threading-technology.html?iid=tech_product+ht
2. Керученько Я., Малич Ю., Левченко В. Replay: неизвестные особенности функционирования ядра Netburst
3. Режим доступа: http://evatutin.narod.ru/evatutin_opt_05_httdepindep.pdf
4. Режим доступа: <http://www.ixbt.com/cpu/hyperthreading-tech.shtml>
5. Режим доступа <http://www.ixbt.com/cpu/pentium4-xeon-hyperthreading.shtml>.

О РАЗВИТИИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В г. НОВОКУЗНЕЦКЕ

Бурмагина Е.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Тараборина Е.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Многие проблемы современной медицинской организации могут быть решены только при условии полной информатизации лечебного учреждения. При этом все ключевые процессы деятельности учреждения должны быть автоматизированы и система должна пополняться информацией в режиме реального времени.

Функциональная классификация медицинских информационных систем выделяет пять функциональных классов систем:

1. *Медико-технологические ИС*, предназначенные для информационного обеспечения процессов диагностики, лечения, реабилитации и профилактики пациентов.

2. *Информационно-справочные системы*, содержащие данные для информационного обслуживания медицинских учреждений и служб управления здравоохранением.

3. *Статистические ИС* органов управления здравоохранением.

4. *Научно-исследовательские ИС*, осуществляющие информационную поддержку медицинских исследований в клинических научно-исследовательских институтах.

5. *Обучающие ИС*, предназначенные для информационного обеспечения процессов обучения в медицинских учебных заведениях.

Уровень информатизации здравоохранения Кемеровской области в настоящее время характеризуется следующими показателями:

- более 8000 персональных компьютеров (4,3 медицинских работника на 1 ПК);

- все учреждения имеют доступ к Интернет (более 60% - на скорости не ниже 256кБит/сек);

- во всех ЛПУ области внедрены средства автоматизации, разработанные ГУЗ КОМИАЦ;

- созданы и внедряются технологии: запись на прием к врачу (через Интернет и сеть терминалов самозаписи), электронная медицинская карта;

- создана VPN-сеть из 650 абонентских пунктов;

- создан ЦОД на базе ГУЗ КОМИАЦ, выполняющий функции регионального отраслевого информационного центра.

Медицинские информационные системы используются в большинстве медицинских учреждений Кемеровской области. В основном это МИС

«Арена» и «Аметист». Используются также МИС для стационаров, аптек, системы ведения электронных историй болезни и карт пациентов.

Перспективы развития информатизации здравоохранения в Кузбассе включают:

- дополнительную компьютеризацию рабочих мест;
- увеличение скорости работы Интернета в учреждениях – до 1 мбит/сек;
- внедрение записи к врачу через Интернет и сеть терминалов самозаписи в каждой поликлинике;
- широкое внедрение электронных медицинских карт (включая все ЦГБ, ЦРБ и все крупные поликлиники области);
- ведение регистра медицинских работников и электронного паспорта ЛПУ в каждом учреждении;
- создание систем защиты персональных данных населения во всех учреждениях здравоохранения;
- внедрение телемедицинских технологий;
- улучшение материально-технической базы медицинских учреждений;
- внедрение новых стандартов медицинских технологий.

В МБЛПУ «Городская клиническая больница №1» используется медицинская информационная система «АРЕНА+SQL». Ее назначение: автоматизация процессов предоставления медицинской помощи населению, контроль текущей деятельности поликлинических учреждений, стратегическое планирование ресурсов, автоматизация работы регистратуры лечебно-поликлинического учреждения, планирование рабочего времени врачей, сбор и хранение информации о пациенте, медицинском персонале.

Обмен информацией между подразделениями внутри больницы осуществляется по локальной вычислительной сети и с помощью съемных носителей (флэш-карты, CD/DVD – disk и тд). Для передачи данных за пределы больницы к различным организациям здравоохранения, таким как страховые компании, департамент охраны здоровья населения и т.д. используется VIP-Net – зашифрованная среда передачи данных.

Для повышения качества и доступности медицинской помощи необходимы: автоматизация работы амбулаторно-поликлинической службы, предоставление актуального и достоверного расписания приема врачей, единый источник предоставления расписания, все возможные способы записи на прием к врачу, работа с единой БД в реальном масштабе времени, единая форма талона; осуществление записи на прием к врачу в соответствии с расписанием, сбор статистических данных.

Запись на прием в МБЛПУ «ГКБ №1» является одним из основных процессов информационной системы АРЕНА. Она производится в регистратуре при личном обращении пациента. При этом информация о пациенте вносится в базу данных, что позволяет пациентам в дальнейшем самостоятельно, без очереди и помощи регистратора, записаться на прием, просмотреть расписания работы врачей, распечатать талон на прием через

Интернет или терминал записи (инфомат). Так же есть возможность отказаться от записи до начала приема. Алгоритм процесса записи на прием к врачу в МБЛПУ «ГКБ №1» представлен на рисунке 1.

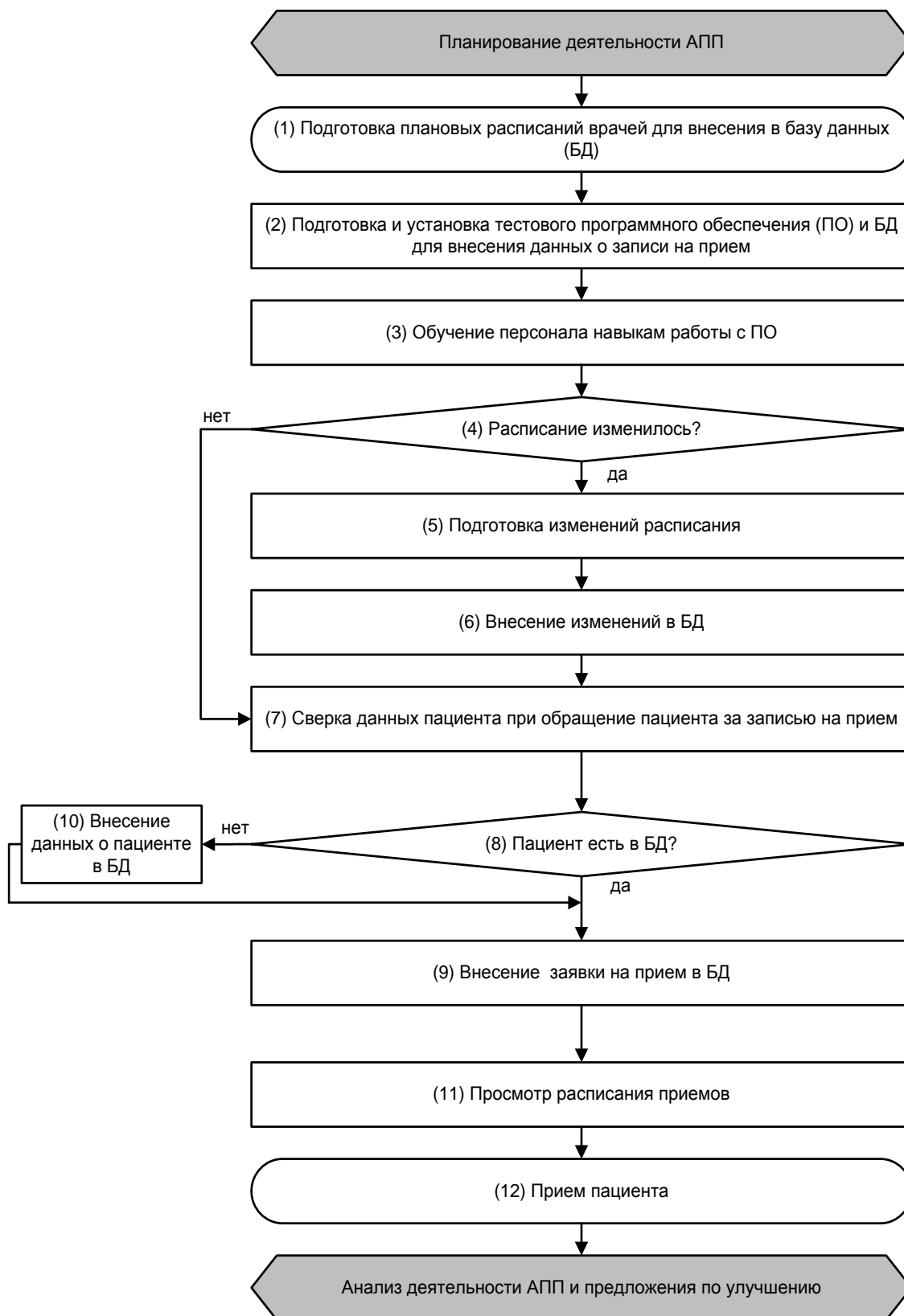


Рисунок 1 – Алгоритм процесса записи на прием к врачу

Население, прикрепленное к МБЛПУ «ГКБ №1» и поликлиники КМК, может записаться на прием к своему участковому врачу-терапевту, врачу-стоматологу и врачу-гинекологу через Интернет. Факт записи на прием отражается в листах записи модуля «Регистратура» соответствующего ЛПУ в режиме реального времени.

Для записи необходимо зайти на сайт «Единый портал записи на прием к врачу Кемеровской области» <http://www.vrach42.ru/>, где необходимо выбрать медицинское учреждение «Городская клиническая больница №1 Новокузнецк». Затем нужно пройти регистрацию, из документов необходим только страховой медицинский полис. Если информация по пациенту внесена корректно и совпадает с данными в базе данных организации, пользователь считается авторизованным и получает доступ к электронному расписанию работы врачей. После этого можно выбрать врача, дату и время приема, и затем распечатать талон.

Запись на прием к врачу возможна и через терминалы самозаписи (инфоматы), установленные в поликлиниках. Из документов необходимо иметь страховой медицинский полис или амбулаторную карту.

Терминал самозаписи к врачу представляет собой устройство с сенсорным (чувствительным) экраном, который позволяет:

- узнать время работы каждого врача;
- самостоятельно записываться на прием к врачу;
- отказаться заблаговременно от записи к врачу, в случае невозможности прийти на прием в указанный день, а также перенести прием на другое удобное время.

Эффективность от внедрения электронной регистратуры:

- отказ от ведения бумажных листов записи на прием и исследования;
- снижение нагрузки на персонал регистратуры;
- сокращение очередей пациентов;
- прием по времени существенно уменьшает вероятность конфликтных ситуаций, снижение у пациентов негативного отношения к посещению поликлиники.

Библиографический список

1. Медицинская информатика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://rudocs.exdat.com>]
2. Медицинская информационная система амбулаторно-поликлинического учреждения «АРЕНА - SQL». Руководство пользователя. – КОМИАЦ, 2010. – 130с.

ЗАДАЧА ПЕРЕНОСА ДАННЫХ ИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ В НОВУЮ ВЕРСИЮ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Миллер Р.А.

Научный руководитель: д.т.н., доцент Львова Е.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

1. Задача разработки алгоритма переноса данных

Дано:

- ИС управления персоналом предприятия ОАО ОУК «Южкузбассуголь» и ИС управления персоналом «Геополис».
- СУБД InterBase и СУБД Paradox.
- Internet Explorer.
- компьютер на базе процессора Intel Pentium Celeron 430.

Критерий: затраты времени на перенос базы данных.

Требуется: разработать алгоритм переноса данных из одной базы данных в другую, обеспечивающий минимум критерия эффективности.

Первым этапом разработки алгоритма является этап анализа данных хранящихся в ИС управления персоналом «Геополис». В результате анализа данных, были выявлены трафареты (таблицу 1), по которым записывались адресные данные сотрудников.

Таблица 1 -

Трафарет	Пример
Улица, д.№дома, кв.№квартиры	Разведчиков, д.54, кв.16
Ул. Наименование №дома-№квартиры	Ул. Октябрьская 12-33
Улица, №дома-№квартиры	60 лет Октября, 17-88
Улица №дома	Комарова 9

Используя трафареты можно легко разработать и реализовать алгоритм, который будет обрабатывать данные перед их конвертированием.

Действующая ИС управления персоналом использует реляционную базу данных рисунок 1). Использование реляционной модели БД, позволяет проектировать и создавать БД сложного типа (БД, содержащие большое количество данных со сложными связями между данными).

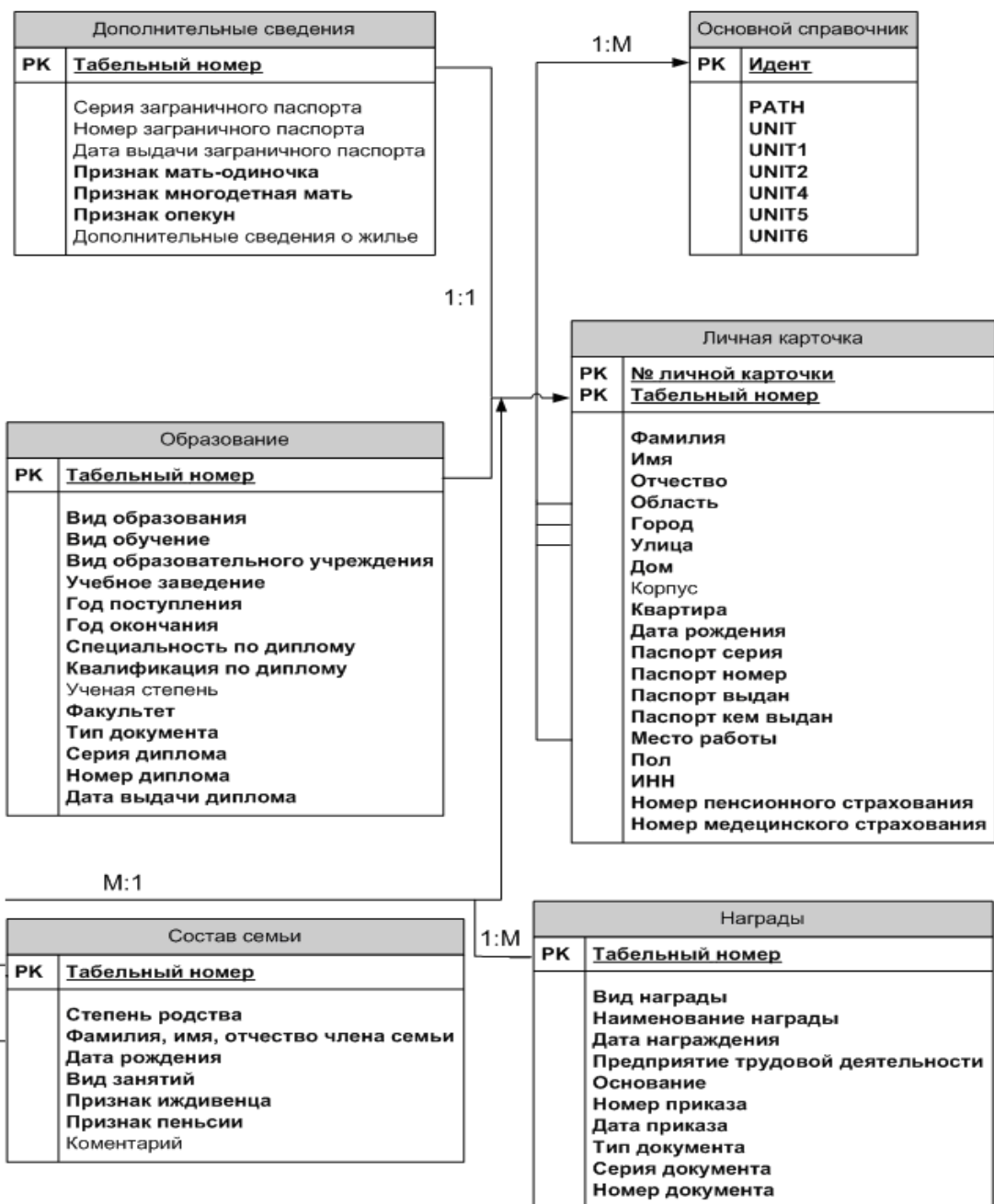


Рисунок 1 - Структура БД ИС управления персоналом
ОАО ОУК «Южкузбассуголь»

Использование таблиц-справочников позволяет ускорить процесс заполнения «личной карточки» сотрудника, облегчает поиск необходимой информации в БД. Структура БД ИС управления персоналом «Геополис», аналогична структуре ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южкузбассуголь». Единственное отличие заключается в отсутствии справочников. В результате этого, таблицы с основной информацией о сотрудниках становятся громоздкими, а поиск необходимой информации значительно усложняется. Две рассматриваемые ИС управления персоналом используют различные СУБД. Основная ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южкузбассуголь» в качестве СУБД использует InterBase, а ИС

управления персоналом «Геополис» использует Paradox. СУБД InterBase и Paradox схожи по структуре БД и обладают всеми необходимыми функциями управления БД. СУБД InterBase имеет более высокую степень защиты информации, а также обладает более высоким быстродействием, чем СУБД Paradox. Перенос данных, из одной ИС в другую, позволит не только объединить данные в одну БД, но также освободить используемое, одной из систем, оборудование [1].

2. Функции конвертора баз данных

Проведя анализ данных и самой БД, можно выделить *функции, которые должен выполнять конвертор:*

- подключение к БД;
- создание промежуточной БД;
- копирование данных содержащихся в ИС управления персоналом «Геополис»;
- предварительная обработка данных;
- поиск соответствий обрабатываемых данных в БД ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южжубассуголь»
- запись данных в промежуточную БД;
- формирование отчетов;
- запись обработанных данных в ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южжубассуголь» [2].

3. Проектирование модулей конвертера

При разработке алгоритма конвертора, было принято решение использовать модульную структуру [3].

Использование модулей при разработке алгоритма дает следующие преимущества:

- основной алгоритм разбивается на блоки, реализовать которые проще чем алгоритм в целом;
 - легко отследить ошибки в алгоритме;
 - при наличии ошибки в какой-то части алгоритма нет необходимости переделывать весь алгоритм;
 - легкость в доработке той или иной части алгоритма.
- Однако у такой структуры есть и ряд недостатков:
- сложно связать все модули в единую систему;
 - требования к ресурсам системы возрастают.

В результате анализа функций, выполняемых конвертором, были разработаны следующие модули (рисунок 2):

- модуль подключения к БД ИС управления персоналом «Геополис» и ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южжубассуголь»;
- модуль создания промежуточной БД;
- модуль копирования данных из ИС управления персоналом «Геополис» в промежуточную БД;
- модуль предварительной обработки данных хранящихся в промежуточной БД;

- модуль поиска соответствий обрабатываемых данных в БД ИСУП;
- модуль записи результатов в промежуточную БД;
- модуль формирования отчетов, о проделанном конвертировании данных;
- модуль записи полученных данных в БД ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южжубассуголь»;
- модуль удаления промежуточной БД [4].

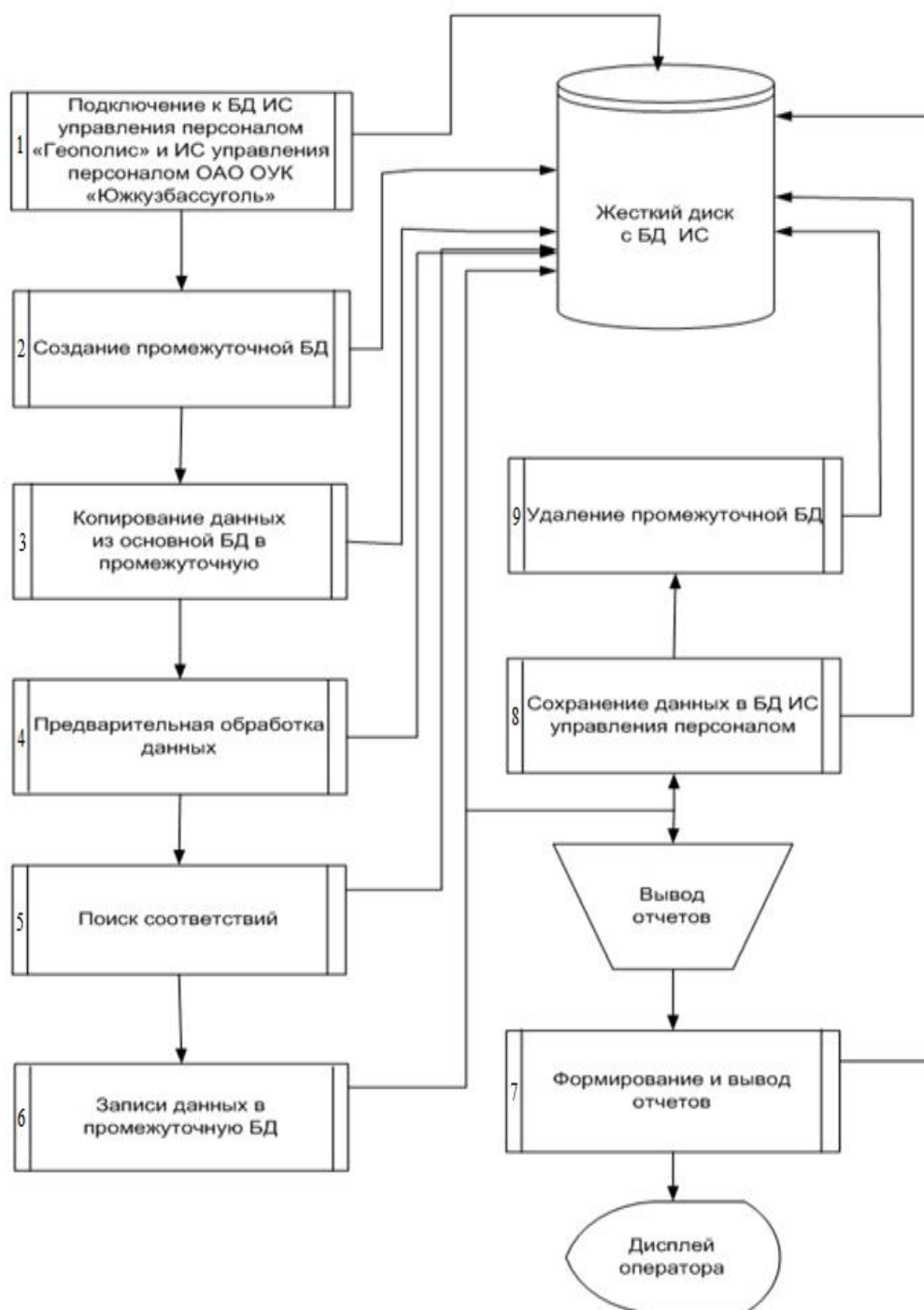


Рисунок 2 - Схема потока данных при работе конвертора БД

4. Разработка алгоритма конвертора БД

В основном, все алгоритмы предварительной обработки данных схожи между собой и имеют незначительные отличия. Алгоритм конвертора в целом состоит из девяти частей (модулей). Основными модулями являются:

- модуль предварительной обработки данных;
- модуль поиска соответствий;
- модуль формирования отчетов [5].

В качестве примера алгоритма, на рисунках 3 и 4 представлены блок-схемы алгоритмов обработки областей.

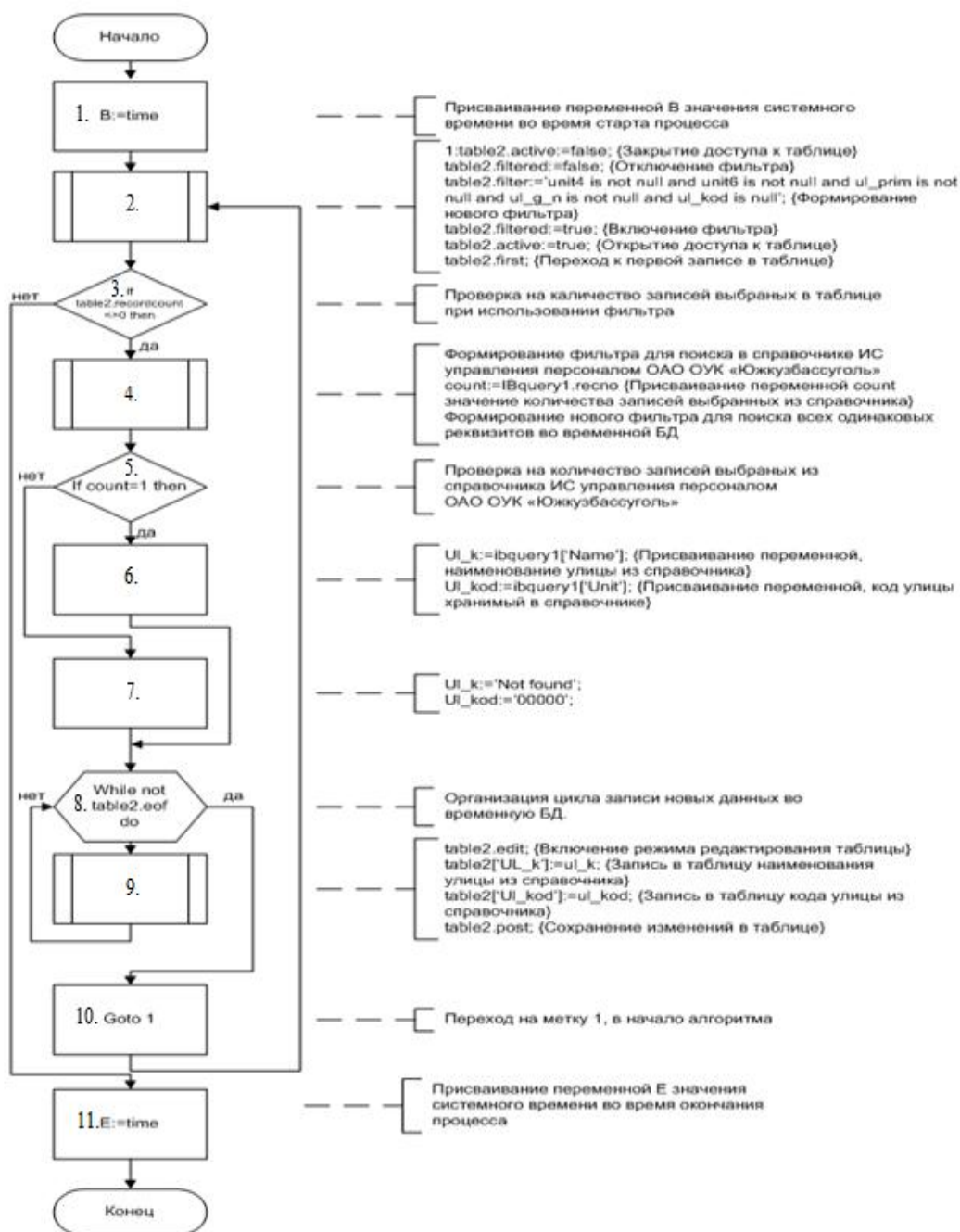


Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма обработки областей (метод I)

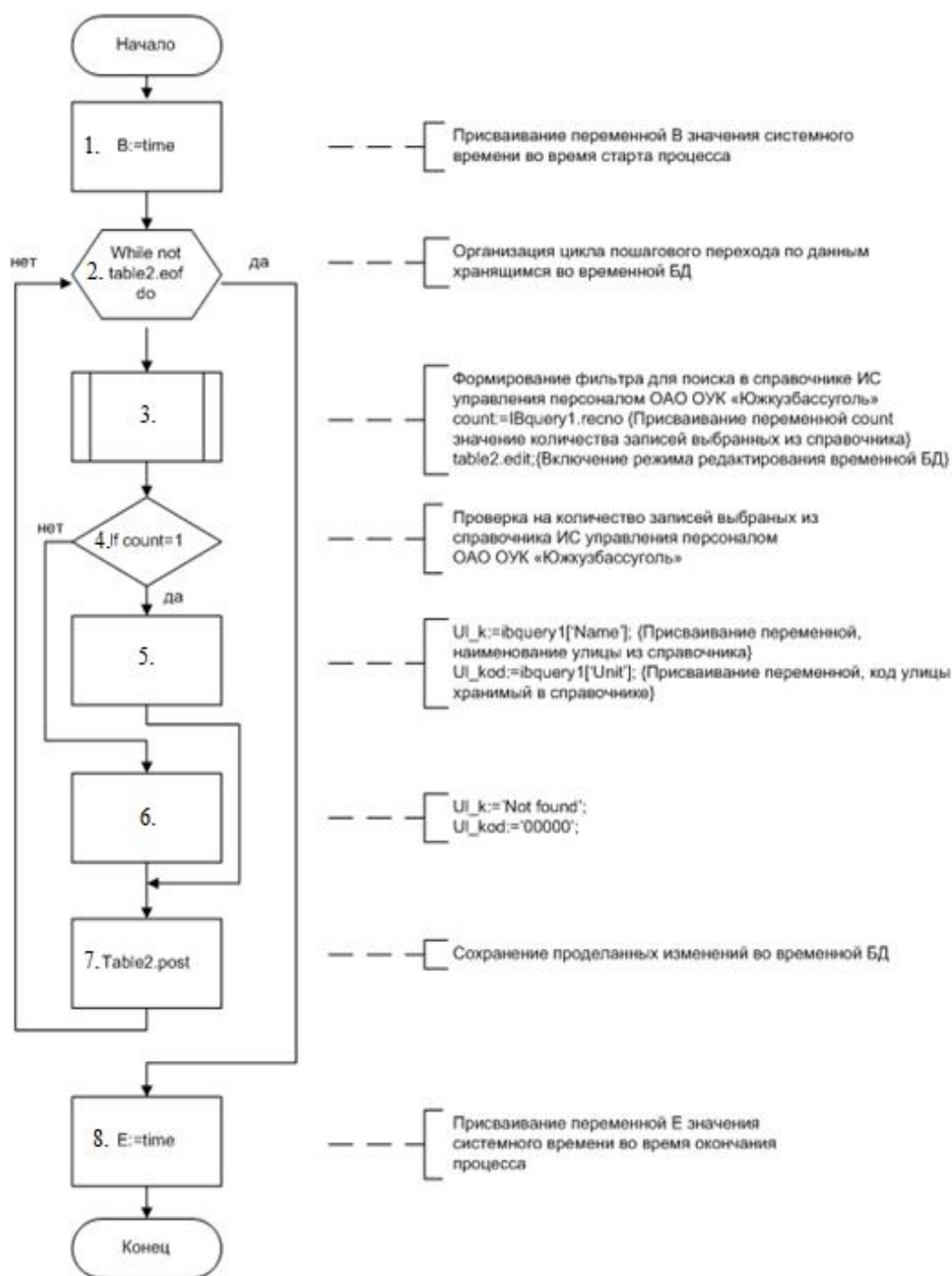


Рисунок 4 - Блок-схема алгоритма обработки областей (метод II)

Для решения задачи конвертирования данных было разработано два алгоритма поиска соответствий, оба они выполняют одинаковые функции, но имеют различное быстродействие.

Задача конвертирования данных заключается в том, чтобы найти в справочнике ИС управления персоналом ОАО ОУК «Южжубассуголь» данные, которые заменят информацию из БД ИС управления персоналом «Геополис».

Как видно из блок-схем представленных алгоритмов, алгоритм метода I более простой по своей структуре, чем алгоритм метода II. В структуре алгоритма метода I присутствует всего один цикл и один оператор сравнения.

Эти разработанные алгоритмы имеют различное быстродействие, зависит оно от структуры информации переносимой из одной БД в другую. Алгоритм метода I, производительнее, чем алгоритм метода II, но только тогда когда в БД очень мало схожих данных. Но если в БД, данные имеют схожую структуру и количество их достаточно велико, то производительность алгоритма метода II значительно больше, чем у алгоритма метода I [6].

После анализа структуры БД ИС управления персонала «Геополис» и анализа данных, было замечено, что в исходной БД достаточно много схожих данных и поэтому целесообразно использовать алгоритм метода II.

Библиографический список

1. Липаев В.В. Надежность программного обеспечения АСУ / В.В. Липаев – М.: Энергоиздат, 1981. -240 с.
2. ГОСТ Р 50948-96. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности. –М.: Госстандарт России, 1996. - 28 с.
3. <http://www.v8.1c.ru>
4. Першиков В.И, Савинков В.М. Толковый словарь по информатике / В.И. Першиков, В.М. Савинков – М.: Финансы и статистика, 1995.- 544 с.
5. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированные системы управления, общие требования. -М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. - 17с.
6. Кулаков С.М., Петров Е.В. Модели и методы управления персоналом металлургического комбината / С.М. Кулаков, Е.В. Петров. – Новокузнецк: Издательство СибГИУ, 2007. - 221 с.

УДК 004.738.5

ЗАДАЧА РАЗРАБОТКИ WEB-САЙТА ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (НА ПРИМЕРЕ ОК «РОДНИК»)

Старинский И.В.

Научный руководитель: д.т.н., доцент Львова Е.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Введение

Глобальная Сеть не только соединила пользователей всего мира, но и утвердилась в виде новых технологий на наших персональных компьютерах. Действительно, пользователь, который приобрел и установил на своей

машине Microsoft Office, становится обладателем Internet-технологии в готовом виде, независимо от того, подключен его компьютер к Сети или нет.

Через какое-то время системы искусственного интеллекта – параллельный машинный перевод, а также идентификация и распознавание голоса сломают последние национальные и языковые барьеры и сделают возможным свободный транснациональный обмен информацией.

Каждый из нас уже сейчас может сделать свой вклад в развитие Internet. Для этого достаточно создать Web -сайт и разместить его в Сети. Но как это сделать? Покажем на примере решения следующей задачи: разработать web-сайт оздоровительного комплекса «Родник».

Для решения задачи разработки web-сайта необходимо:

- ознакомиться с современными Интернет-технологиями и, по возможности, использовать их в своей разработке;
- изучить характеристику объекта информатизации (ОК «Родник»);
- определиться со структурой Web-страниц;
- ознакомиться с основными правилами и рекомендациями по разработке и созданию web-сайта;
- написать и реализовать программный код сайта;
- приобрести домен и хостинг.

1. Характеристика объекта информатизации (ОК «Родник»)

«Родник» — это оздоровительный комплекс, особенностью которого является гармоничное сочетание услуг спорта и фитнеса. В состав ОК «Родник» входит:

- зал для групповых спортивных игр - футбола, волейбола и баскетбола;
- зал для настольного тенниса;
- тренажерный зал;
- 2 зала для групповых занятий (шейпинг, аэробика, степ-аэробика, йога, группы ДЦП и ЛФК);
- 3 отдельных сауны, душ Шарко, фитобочка;
- солярий;
- бассейн — 25 м, 6 дорожек с двумя вышками;
- бассейн для групп «Мать и дитя».

Во всех залах и бассейнах формируются оздоровительные группы. Каждой группе назначается тренер. Помимо занятий с тренером можно посещать индивидуальные занятия. Предусмотрены и свободные посещения, которые не предлагают помощи тренеров. В связи с тем, что комплекс является оздоровительным, спортивные группы в нем не формируются. Специальные программы для достижения каких-либо спортивных результатов посетителям не разрабатываются.

2. Этапы разработки сайта

Исходя из анализа сайтов прототипов [2], положения ОК «Родник» [1] и расписания занятий сформирована следующая структурная схема web-сайта (рисунок 1):

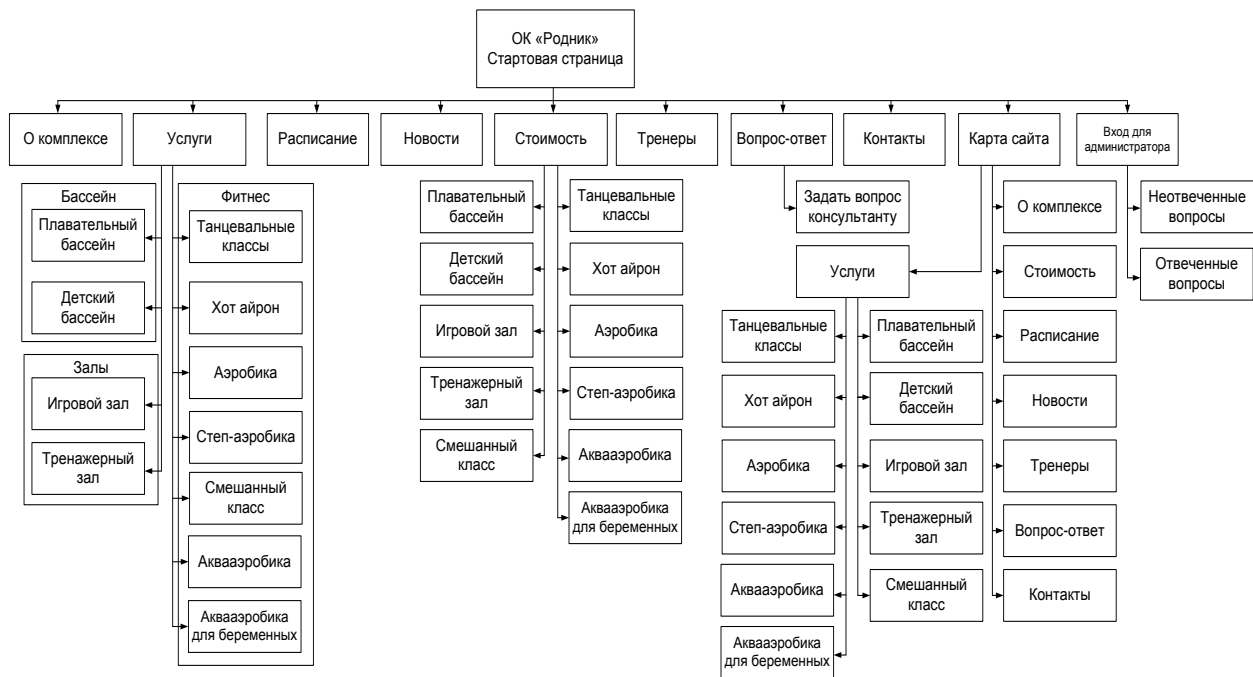


Рисунок 1 – Предлагаемая структура сайта ОК «Родник»

На основе структурной схемы сайта выполнены следующие действия [3,4]:

1. С использованием языков программирования: PHP, javascript – написан код сайта;
2. Код был реализован с помощью программного обеспечения: Adobe Dreamweaver, Denwer;
3. Был приобретен домен (<http://okrodnik.ru>) и хостинг на сайте: <https://2domains.ru>.

Главная страница Web-сайта ОК «Родник» представлена ниже на рисунке 2. Его апробация в течение четырех месяцев подтвердила правильность принятых проектных решений.

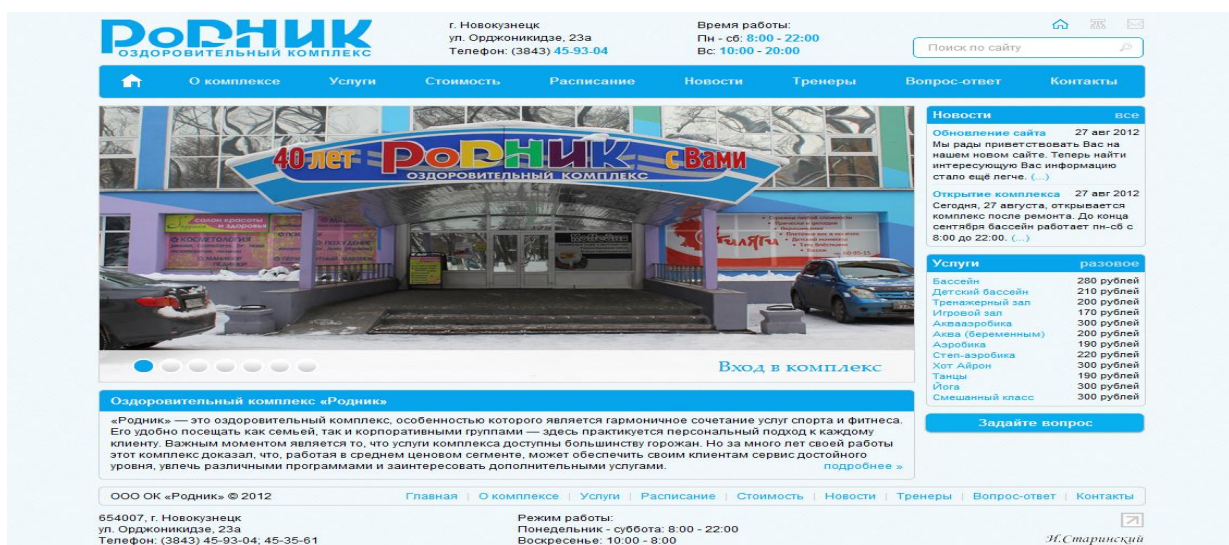


Рисунок 2 – Главная web-страница оздоровительного комплекса «Родник»

Библиографический список

1. Положение об ОК «Родник» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://okrodnik.ru/about.php>]
2. Сайты прототипы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://www.lazurniy.com>], [<http://www.sport-sokol.ru>]
3. Советы создания сайтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://max1net.com/prakticheskie-sovety-po-sozdaniyu-sajta>]
4. Каймин В. А., Информатика для поступающих в ВУЗы / В. А. Каймин, В. С. Жданов. – М.: АСТ, 1996. – 235 с.

УДК 62-83Ж681.51.Ж382.3

МЕТОДИКА УСТАНОВКИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ C2000 EXPERIMENT KIT В ЛАБОРАТОРНОМ СТЕНДЕ

Орехов А.С., Назина Е.А.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Кунинин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Фирма Texas Instruments (TI) выпускает 32-битные однокристалльные микроконтроллеры, оснащенные сигнальным процессором серии C2000™ со встроенным процессором арифметики с плавающей точкой, ориентированные на управление электрическими двигателями. Для решения этой задачи микроконтроллеры оснащены встроенными периферийными модулями с большим количеством (до шестнадцати) ШИМ преобразователей, шесть из которых высокоскоростные повышенной точности, одним или двумя модулем обработки сигналов фото- и магнитно-импульсных датчиков положения и скорости вращения (перемещения), 12-битным АЦП с улучшенными характеристиками.

Изучению данного семейства микроконтроллеров препятствует тот факт, что практически отсутствует русскоязычная документация. Для решения этой проблемы при изучении сигнальных микроконтроллеров с плавающей точки предлагается методика установки системы при разработке лабораторного стенда на основе C2000™ Experimenter's Kit на основе микроконтроллера MS320F28335.

C2000™ Experimenter's Kit состоит из материнской платы и целевой платы F28x controlCARD™. Материнская плата представляет собой небольшую плату, которая поддерживает целевые платы с различными микроконтроллерами из семейства управляющих плат и предоставляет пользователю доступ к выводам GPIO всех F28x устройств и АЦП сигналов. Кроме того, материнская плата имеет две области макетной платы, DIMM100 разъем, в который устанавливается целевая плата с массивом 2,54

мм диаметром отверстий для присоединения проводов и пайки элементов интерфейса.

Другие особенности материнской платы:

- Встроенная USB эмулятор и возможность использования внешнего эмулятора JTAG для переноса программ во Flash память программ;
- Возможность использовать для питания платы либо 5В напряжение интерфейса питания USB, либо от внешнего источника;
- Связь с компьютером через UART, используя встроенный USB-UART переходник;
- Переключки для настройки на различные режимы загрузки, обеспечивающие поддержку F28335 сигнальных микроконтроллеров целевых плат. Причем используется:
 - 5В питание для макетной платы;
 - 3.3В питание для целевой платы
- Все основные сигналы доступны через четко обозначенные специальные контакты.

Целевые платы controlCARDs устанавливаются в 100-контактный двухсторонние разъемы модулей памяти типа DIMM, которые имеет все необходимые схемы (часы, LDO, развязки, резисторы подтягивания и т.д.), чтобы обеспечить надежную работу C2000 MCU. Конструкция платы надежна и предназначена для работы в электрических сетях с шумами. TI предлагает несколько совместимых по выводам controlCARDs для изучения и оценки различных микроконтроллеров семейства C2000, используя только одну материнскую плату.

ControlCARDs имеет следующие особенности:

- Небольшой размер - 90 x 25 мм.
- Все GPIO, АЦП и другие ключевые сигналы направляются через позолоченные пальчиковые разъемы.
 - Расширенный контактный блок развязки типа LC, расположенный в непосредственной близости к контактам.
 - Ограничивающие диоды защиты на выводах АЦП.
 - Фильтр низких частот, подавляющий шумы и высокочастотные помехи (шумовой фильтр) на входах АЦП и выводах заземления.

Комплект controlCARD и материнская плата также включают "Пакет разработчика оборудования", набор файлов, которые делают копирование этой технологии очень простым.

Пакет разработчика оборудования включает в себя:

- Схемы (источники или PDF файлы).
- Список материалов (BOM).
- h-файлы для свободного использования с возможностью изменения.
- Таблица выводов показывает все основные сигналы на 100-контактном разъеме.
 - DIMM 100 штырьковых/гнездовых механических деталей.
 - РСВ файлы - популярные бесплатные утилиты для облегчения модификации (только для док-станции).

- Шаблон материнской платы (PCB файл).

Кроме того, комплект включает в себя бесплатную полнофункциональную учебную версию платформы общего назначения Vissim, ориентированную на моделирование и генерацию исполнимого кода. Узнать больше и посмотреть, как приступить к работе можно по руководству для быстрого старта, описание которого приведено ниже.

Установка оборудования

Данный раздел поможет настроить режим бортовой эмуляции программатора и 5В порта USB для питания платы. Для этого следует выполнить приведенные ниже инструкции, поясняющие настройку оборудования:

Шаг 1. Распакуйте DIMM controlCARD.

Шаг 2. Раскройте крыльчатые фиксаторы на разъеме J1.

Шаг 3. Установите свободно DIMM карту в гнездо разъема. Убедитесь, что разъемы 2 ключевыми вырезами поместились в нижних углах фиксаторов (смотри рисунок 1).

Шаг 4. Нажмите вертикально вниз, используя даже давление с обеих сторон платы до защелкивания защелок. Чтобы извлечь карту, достаточно развести зажимы пальцами.

Шаг 5. Установите переключатель 1 (SW1) в положение "ВКЛ", а затем подключите кабель USB к USB-разъему JP2.

Шаг 6. После загрузки программного обеспечения TI или когда вы готовы запустить свой собственный проект, включите питание платы, установив SW1 в "USB" позицию. Это позволит использовать бортовые 5В USB в качестве источника питания

Шаг 7. Для получения подробной информации (схемы, таблицы выводов и т.д.) на оборудование на сайте разработчика, DockingStnHWdevPkg

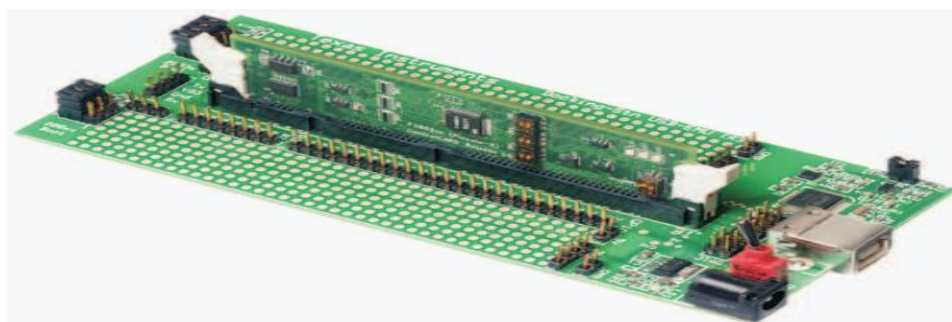


Рисунок 1 – Фотография док-карты с установленной целевой платой controlCARD

Библиографический список

1. <http://www.ti.com/controlsuite>.
2. http://www.ti.com/controlSUITE/development_kits/TemplateProjects.
3. [controlSUITE/development_kitsWExperimentersKits/controlSUITE/development_kitsV-controlCARDS](http://www.ti.com/controlSUITE/development_kitsWExperimentersKits/controlSUITE/development_kitsV-controlCARDS).

МЕТОДИКА РАБОТЫ В СРЕДЕ CODE COMPOSER STUDIO 4 В СОСТАВЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Самоделкин К.А., Фирсов В.Е.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Кунин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Интегральная среда проектирования Code Composer Studio версии 4 (CCSv4) предназначена для разработки программного обеспечения. Среда CCSv4 включает редактор исходных текстов, компилятор, компоновщик, отладчик, симуляторы, средства визуализации. Это единый графический пользовательский интерфейс, позволяющий производить пошаговую разработку и отладку программного кода. Привлекательно то, что эта система поддерживает сигнальные микроконтроллеры с плавающей точкой, ориентированные на управление электродвигателями и электромеханическими системами

Комплектация среды разработки для разработки лабораторного стенда:

1. Бесплатная версия среды разработки CCSv4 с ограничением на применение. Эта версия работает только с эмулятором класса XDS100 и с ограниченным числом микроконтроллеров.

2. Отладочный комплект TMS320F28335 Experimenter Kit. Его описание дано в [1, 2]. Комплект состоит из базовой платы и модуля расширения, который вставляется в DIMM-разъем.

Питание отладочного комплекта осуществляется через USB-интерфейс. Кроме того, в базовую плату встроен эмулятор класса XDS100. Отметим, что имеется возможность подключать как внешний блок питания, так и дискретный (внешний) эмулятор. Для этого на базовой плате предусмотрены специальные разъемы. Данная функция может использоваться при макетировании собственных устройств на основе стандартного набора. Для макетирования предназначено несколько рядов металлизированных сквозных отверстий и штыревых разъемов, куда подводятся выводы микроконтроллера.

3. Программный пакет с примерами кода C28335 C/C++ Header Files and Peripheral Examples. Скачать его (без регистрации) можно по адресу [3].

Перед выполнением лабораторной работы необходимо подключить эмулятор к отладочной плате. Для этого необходимо выполнить следующее:

Подключить отладочную плату к компьютеру при помощи USB-кабеля из комплекта системы. Теперь следует скомпилировать и загрузить проект в подключенную отладочную плату, для чего следует нажать зеленую кнопку с изображением «жучка» (*Debug*) на панели быстрых кнопок (рисунок 1).

При этом произойдут три операции: компиляция проекта, подключение к отладочной плате и загрузка в нее программного кода.



Рисунок 1 - Компиляция, подключение и загрузка проекта

Следующий шаг — это подключение CCSv4 к отладочной плате, для чего необходимо выбрать в главном меню пункт **Target->Connect Target** (рисунок 2).



Рисунок 2 - Подключение к отладочной плате

После этого загружаем бинарный код в отладочную плату, выбрав в главном меню пункт **Target->Load Program** и указав в появившемся окне файл **Example_2833xCpuTimer.out**, который находится в директории **/cpu_timer/Debug**.

Для повторного запуска проекта требуется произвести сброс процессора, выбрав в главном меню пункт **Target->Reset CPU**, и, перегрузив программный код, выбрать **Target->Reload Program**. Затем выбираем в подменю кнопку с зеленым «жучком» на панели быстрых кнопок **Launch TI Debugger** (рисунок 1). После этого отладочная среда перейдет в режим **Debug**, и появится окно дизассемблера.

Запускаем проект на выполнение, выбрав пункт **Target->Run** (рисунок 3, сноска 1). Остановить выполнение проекта можно через пункт **Target->Halt** (рисунок 3, сноска 2). Эмулятор XDS100 обладает ограниченными возможностями по отладке в реальном времени: он не поддерживает функции RTDX, поэтому наблюдать изменение переменных можно только запуская и останавливая выполнение программного кода.

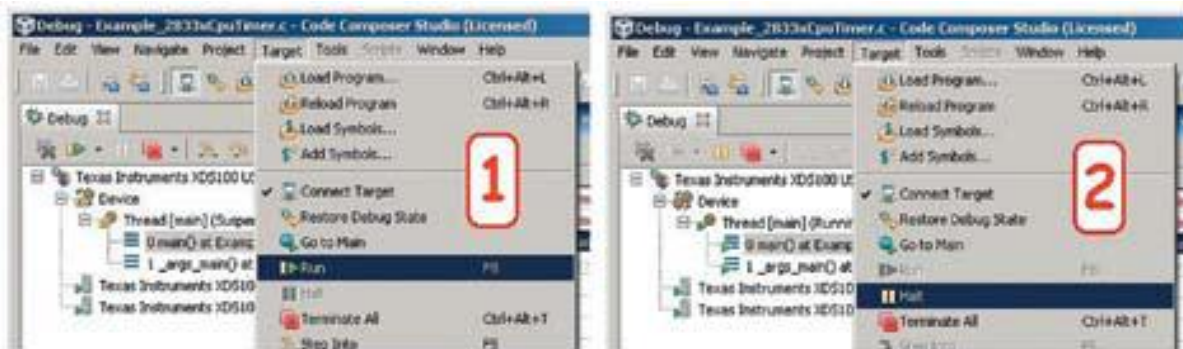


Рисунок 3 - Запуск и остановка выполнения программного кода

Осталось запустить программу на исполнение. Для этого выберите иконку в виде зеленого треугольника на панели быстрых кнопок (рисунок 4, сноска 2), или в главном меню пункт *Target->Run*, как это уже было показано на рисунке 4, сноска 1.

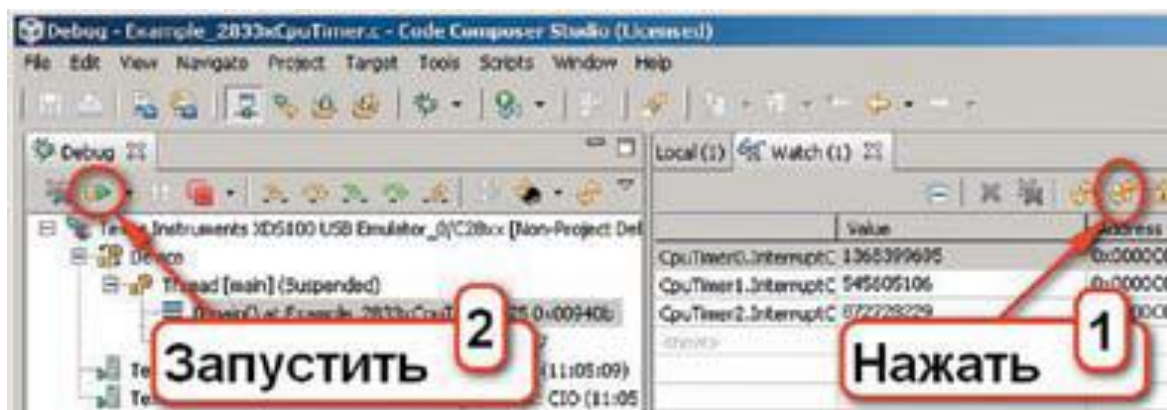


Рисунок 4- Запуск программы в режиме отладки в непрерывном времени

Наблюдаемые переменные в окне просмотра будут инкрементироваться один раз в секунду в соответствии с прерываниями таймера ЦПУ (рисунок 5).

Name	Value	Address	Type
CpuTimer0.InterruptC	4	0x0000C012@Data	unsigned long
CpuTimer1.InterruptC	4	0x0000C000@Data	unsigned long
CpuTimer2.InterruptC	4	0x0000C004@Data	unsigned long

Рисунок 5 - Инкрементация значения переменных в окне просмотра

Библиографический список

1. И.А. Гук Краткий обзор отладочной среды Code Composer Studio 4 [Текст] / Гук И.А. Компоненты и технологии, №12, 2009. с. 90-96.
2. <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/tmdsdock28335.html>.
3. <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/sprc530.html>.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПРОЕКТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ И КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Фирсов А.К., Орлов Д.А.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Кунин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Сигнальные микроконтроллеры фирмы Texas Instrument серии C2000 ориентированы на применение в системах управления электродвигателями. Они оснащены 12-битными аналогоцифровыми преобразователями, ШИМ-модулями с улучшенными частотными характеристиками, модулями для работы с фотоимпульсными и магнитноимпульсными датчиками измерения положения и скорости перемещения в среде разработки Code Composer Studio версии v3, v4 и v5. Однако их изучение и освоение наталкивается на серьезные трудности в связи с практически полным отсутствием технической документации на русском языке.

FlashingLeds и DplibTemplate - шаблоны, сокращающие время на освоение процесса создания новых проектов программного обеспечения. На рисунке 1 приведен шаблон FlashingLeds.

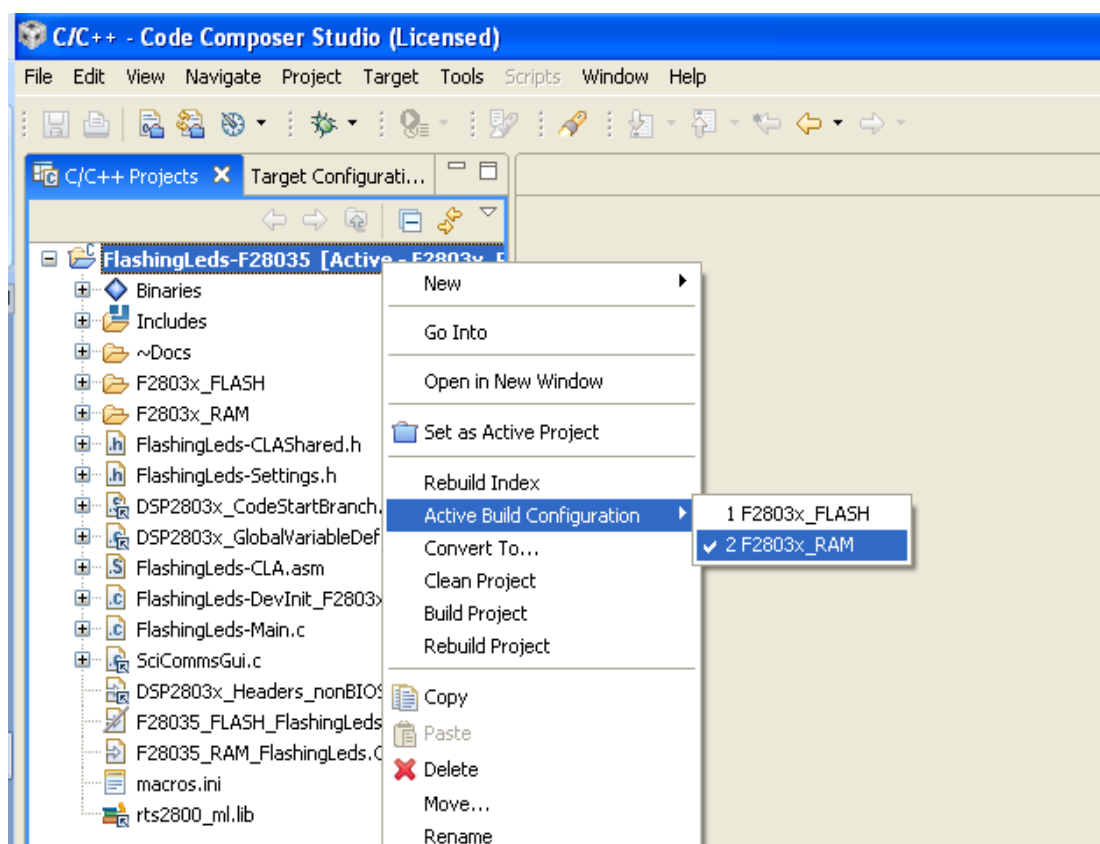


Рисунок 1 – Проект FlashingLeds (основное окно, слева)

DplibTemplate предназначены для создания структуры, на которой строятся проекты, использующие Texas Instruments Digital Power Library. Структура разработана с целью создания проектов, которые могут быть сконфигурированы для получения выходного файла, который будет работать с ОЗУ или FLASH памятью. Конфигурация RAM для удобства и ускорения обычно используется на ранних стадиях процесса разработки программного обеспечения. Когда разработка кода становится более стабильной и требуется больше оперативной памяти, чем доступно в текущем MCU, может быть использована конфигурация с FLASH памятью. Конфигурация с FLASH сохраняет всю программу в энергонезависимой флэш-памяти, а затем, в начале программы, раздел "ramfuncs" копируется в оперативную память для более быстрого выполнения.

Следующие инструкции показывают, как подключить к проекту FlashingLeds с TMSF28035 controlCARD (рисунок 2). Установите проект, для этого щелкните правой кнопкой мыши на имени проекта (рисунок 1, основное окно) и нажмите кнопку "Set as Active Project". Раскройте структуру файлов проекта. Каждый проект может быть настроен для создания кода с флэш-памятью или оперативной. Для лабораторных работ будем использовать RAM память для упрощения процесса отладки, а затем перейдем к FLASH конфигурации. Щелкните правой кнопкой мыши по индивидуальному проекту и выберите Active Build Configuration -> F28xxx_RAM configuration (рисунок 1, всплывающие окна).

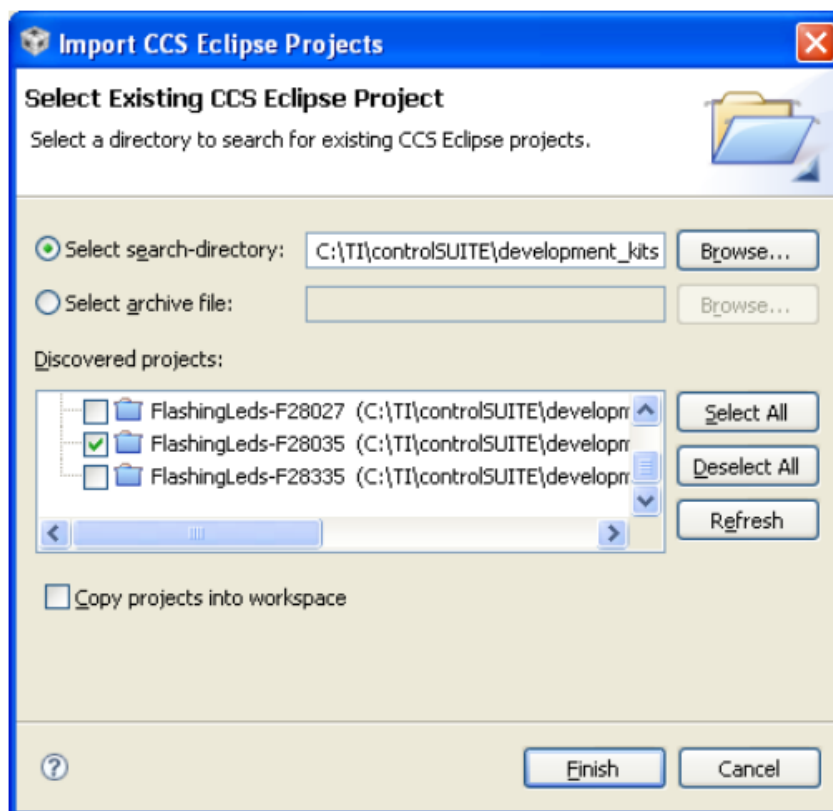


Рисунок 2 – Настройка проекта

Для создания и загрузки проекта следует щелкнуть правой кнопкой мыши на имени проекта и нажать кнопку "Rebuild Project". Любые ошибки в проекте будут отображаться в окне консоли. В случае успешного завершения отладки нажмите кнопку "Debug", расположенную в верхней левой части экрана (рисунок 1). IDE теперь будет автоматически подключаться к цели, загружать выходной файл в устройство и отображать изменения в окне Debug.

Нажмите кнопку "Tools -> Debugger Options -> Generic Debugger Options". Вы можете включать отладчик для сброса процессора при каждом запуске программы, установив галочку в поле "Reset the target on program load or restart" и нажав "Remember My Settings", чтобы сделать эти изменения постоянными. После этого закройте окно.

Теперь следует настроить окно наблюдения **Watch** и графики. Для этого следует нажать View -> Watch в меню. В окне будут отображаться переменные, которые должны быть добавлены в окно наблюдения соответствующего проекта.

Далее нажмите на кнопку Continuous Refresh (непрерывное обновление) в окне просмотра (watch window). Это позволит окну работать в режиме реального времени. Нажав на стрелку вниз в любом окне просмотра, вы можете выбрать "Customize Continuous Refresh Interval" (настройка интервала непрерывного обновления) и изменить частоту обновления watch window. Обратите внимание, что выбор слишком малого интервала может повлиять на производительность.

Для запуска кода_нажмите кнопку режима реального времени с надписью "Enable silicon real-time mode". Это позволит просматривать и редактировать переменные в режиме реального времени без остановки программы. После нажатия этой кнопки может появиться окно сообщений. Если это произошло, выберите YES для отображения отладочных событий. Это позволит установить бит 1 (DGBM бит) регистра состояния 1 (ST1) на "0". DGBM является настроочным битом. Когда DGBM бит установлен в "0", значения памяти и регистров могут быть переданы в центральный процессор для обновления окон отладки. Для выполнения кода следует нажать кнопку Run в Debug Tab. Проект должен теперь работать. После завершения остановите устройство и завершите сеанс отладки, нажав (Target -> Terminate All).

Библиографический список:

1. <http://www.ti.com/controlSUITE>
2. TMS320C28x DSP CPU and Instruction Set Reference Guide — <http://www.ti.com/lit/spru43Q>
3. TMS320C28x Assembly Language Tools User's Guide — <http://www.ti.com/lit/spru513>

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА В CODE COMPOSER STUDIO V5

Высоцкий А.А., Боровиков И.С.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Кунин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Данная статья является сокращенным изложением материалов источников [1, 2] с целью обратить внимание студентов на микроконтроллерные устройства разработки фирмы Texas Instruments, намеченные к внедрению в лабораториях кафедры Автоматизированного электропривода и промышленной электроники Сибирского государственного индустриального университета. Поделиться опытом по освоению среды CODE COMPOSER STUDIO V5 (CCSv5), разработки фирмы Texas Instruments для проектирования лабораторных стендов по системам управления электроприводами на основе 32 битного сигнального микроконтроллера TMS320F28335, аппаратно поддерживающего арифметику с плавающей точкой. Статья носит компилятивный характер и публикуется в связи отсутствием русскоязычных материалов. Для создания первого проекта в Code Composer Studio с нуля помимо самого пакета CCSv5 потребуются примеры работы с периферией от Texas Instruments, которые расположены на сайте компании по ссылке: <http://www.ti.com/tool/sprc530>. Начинаем новый проект. Запускаем CCSv5 и в главном (рисунок 1) выбираем **New Project** (рисунок 2).

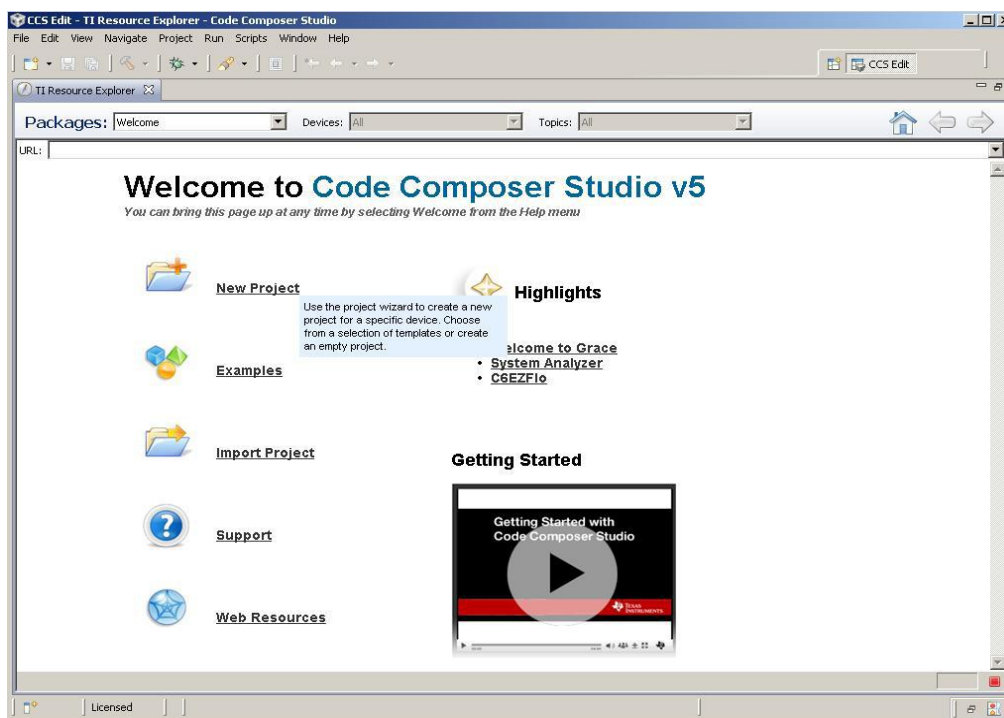


Рисунок 1 – Главное окно CCSv5

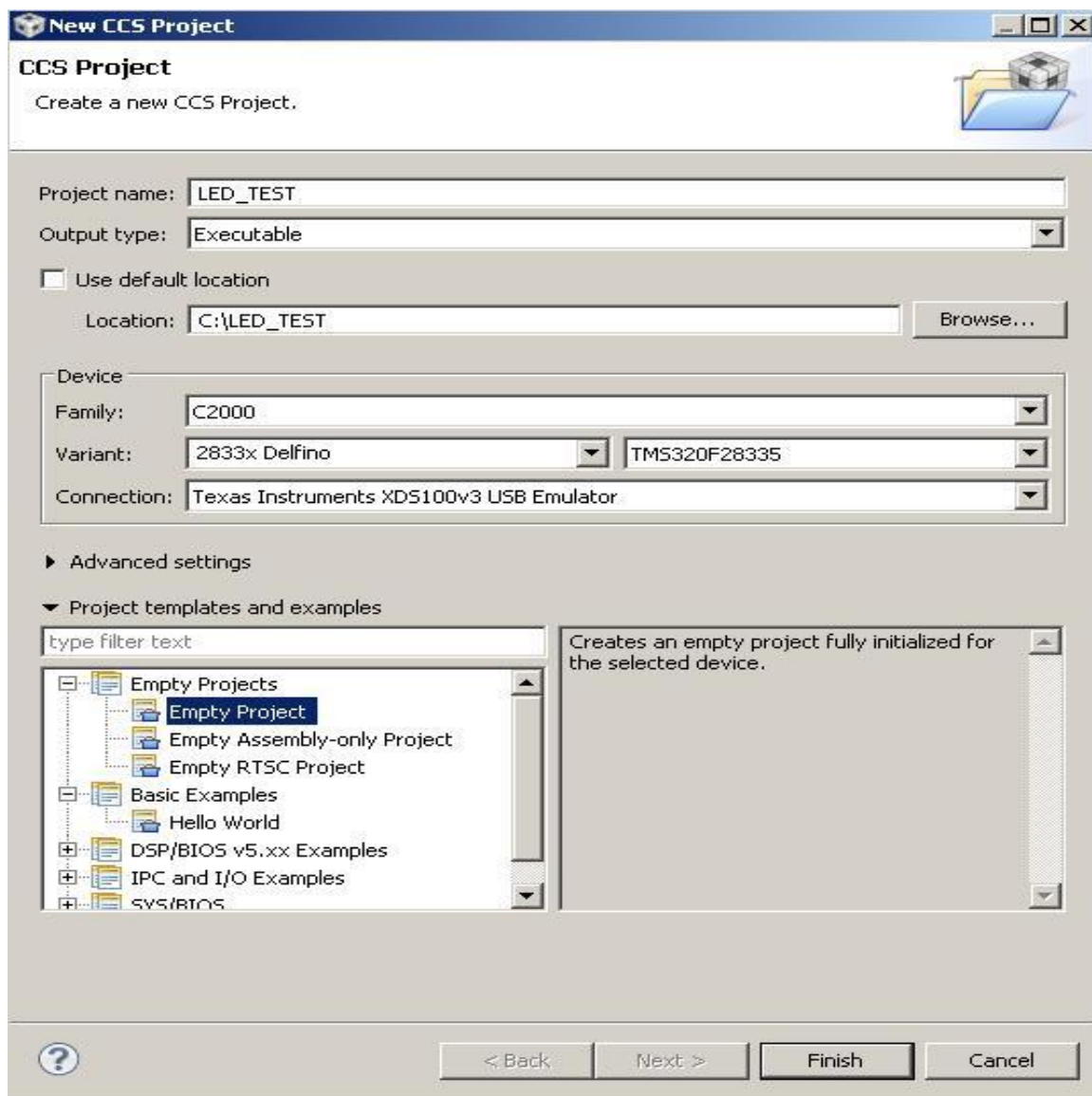
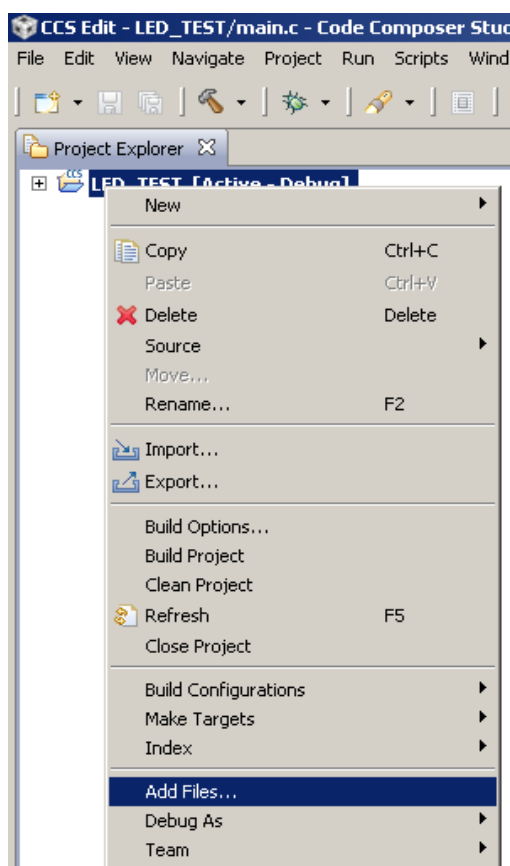


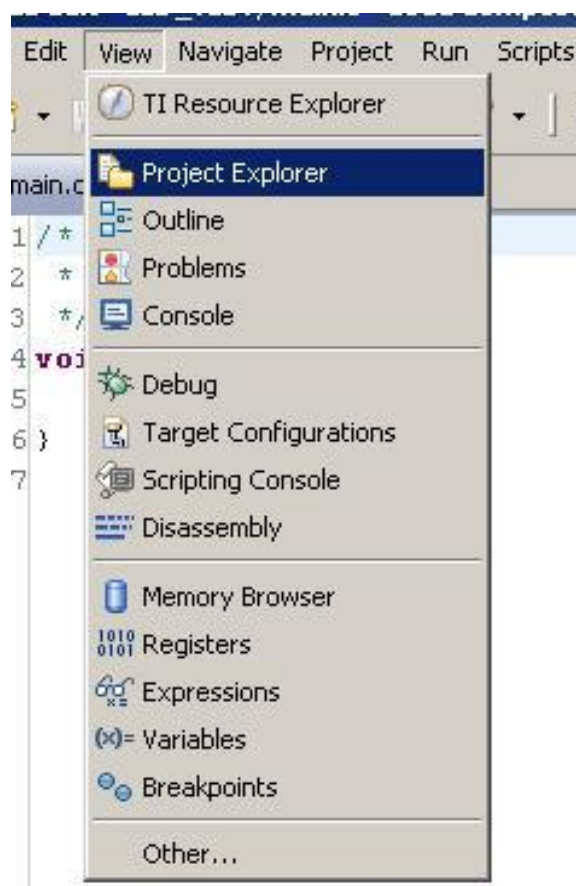
Рисунок 2 – Окно создания нового проекта

В открывшемся окне даем название проекту. В нашем случае назовем его **LED_TEST**. Тип выходного файла оставляем **Executable**. Затем выбираем путь, по которому будет храниться папка с проектом. Можно оставить по умолчанию, а можно задать свой. Для этого убираем флажок **Use default location**, и выбираем новый путь. Важное условие: в названиях папок и файлов не должно быть кириллицы и других букв, отличающихся от латинских. В настройках **Device** задаем семейство микроконтроллеров (Family) **C2000**, в поле **Variant** слева выбираем **2833x Delfino**, а справа **TMS320F28335**. В поле **Connection** выбираем тип отладчика, с которым будем работать. В данном случае это **XDS100v3**. **Advanced settings** оставляем без изменений, в **Project templates and examples** создаем пустой проект **Empty Project** и нажимаем кнопку **Finish**.

Открылось окно с функцией **Main** (рисунок 3,а). Для отображения всех файлов проекта в пункте меню **View** выбираем пункт **Project Explorer** (рисунок 3,б).



а)



б)

Рисунок 3 – а) Окно функции Main; б) Окно Project Explorer

Создаем исходный текст программы. Подключим необходимые для компиляции файлы: из папки C:\tidcs\c28\DSP2833x\v131\DSP2833x_common\source нам необходимы следующие файлы: DSP2833x_ADC_cal.asm, SP2833x_CodeStartBranch.asm, DSP2833x_CpuTimers.c, DSP2833x_DefaultIsr.c, DSP2833x_PieCtrl.c, DSP2833x_PieVect.c, DSP2833x_SysCtrl.c, DSP2833x_usDelay.asm.

Из папки C:\tidcs\c28\DSP2833x\v131\DSP2833x_headers\source необходимо: DSP2833x_GlobalVariableDefs.c

Из папки C:\tidcs\c28\DSP2833x\v131\DSP2833x_headers\cmd необходимо добавить: DSP2833x_Headers_nonBIOS.cmd

Библиографический список

1. Акамеев Р. Начало работы с TE-TMS320F28335. Создание первого проекта в Code Composer Studio v5 [Текст] / Электронный ресурс, <http://www.terraelectronica.ru/files/%20%20%20CCSv5.pdf> / ООО «Терраэлектроника». – 2012. 7 с.

2. <http://www.ti.com/tool/sprc530>.

ПРОГРАММА СИГНАЛИЗАЦИИ НА СИ В CODE COMPOSER STUDIO V5

Горбачев Д.И.

Научный руководитель: к.т.н., профессор Кунин П.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Статья ориентирована на изучение структуры программы. В основу положена статья [1]. Порядок создания проекта и настройка системы разработки CODE COMPOSER STUDIO V5 приведены в статье [2]. Приводим исходный текст программы управления сигнальными светодиодами:

```
#include "DSP28x_Project.h" // Заголовочный файл
void Gpio_select(void); // Ввод
interrupt void cpu_timer0_isr(void); // Активация прерывания от таймера
void main(void)
{ InitSysCtrl(); // Инициализация системы: PLL, WatchDog, периферийных модулей
  Gpio_select(); // Инициализация порта ввода/вывода
  DINT; // Отключение прерываний
  InitPieCtrl(); // Инициализация векторов прерываний
  / Отключаем прерывания и очищаем флаги
  IER = 0x0000;
  IFR = 0x0000;
  InitPieVectTable();
  EALLOW; // Запись в защищенные EALLOW регистры
  PieVectTable.TINT0 = &cpu_timer0_isr;
  EDIS; // Запрещаем запись
  InitCpuTimers(); // Инициализация таймеров
  #if (CPU_FRQ_150MHZ)
    ConfigCpuTimer(&CpuTimer0, 150, 1000000); // Период 1 секунда при 150 МГц
  #endif
  CpuTimer0Regs.TCR.all = 0x4001; // Очищаем TSS бит = 0
  IER |= M_INT1; // Включаем прерывание Timer0
  PieCtrlRegs.PIEIER1.bit.INTx7 = 1;
  // Enable global Interrupts and higher priority real-time debug events:
  EINT; // Включаем глобальные прерывания INTM
  ERTM; // Включаем глобальные прерывания реального времени
  DBGM
  GpioDataRegs.GPASET.bit.GPIO4 = 1; // Включаем средний светодиод
```

```

for(;;); // Запускаем бесконечный цикл
}
interrupt void cpu_timer0_isr(void)
{GpioDataRegs.GPATOGGLE.all =0x38; // Переключаем состояния трех
светодиодов
PieCtrlRegs.PIEACK.all = PIEACK_GROUP1;
}
void Gpio_select(void)
{EALLOW;
GpioCtrlRegs.GPAMUX1.all = 0x00000000; // Все GPIO
GpioCtrlRegs.GPAMUX2.all = 0x00000000; // Все GPIO
GpioCtrlRegs.GPADIR.all = 0xFFFFFFFF; // Все на выход
EDIS; }

```

Укажем путь к заголовочным файлам, включаемым в проект. Для этого выбираем пункт меню **Project**, затем **Build Options** (рисунок 1).

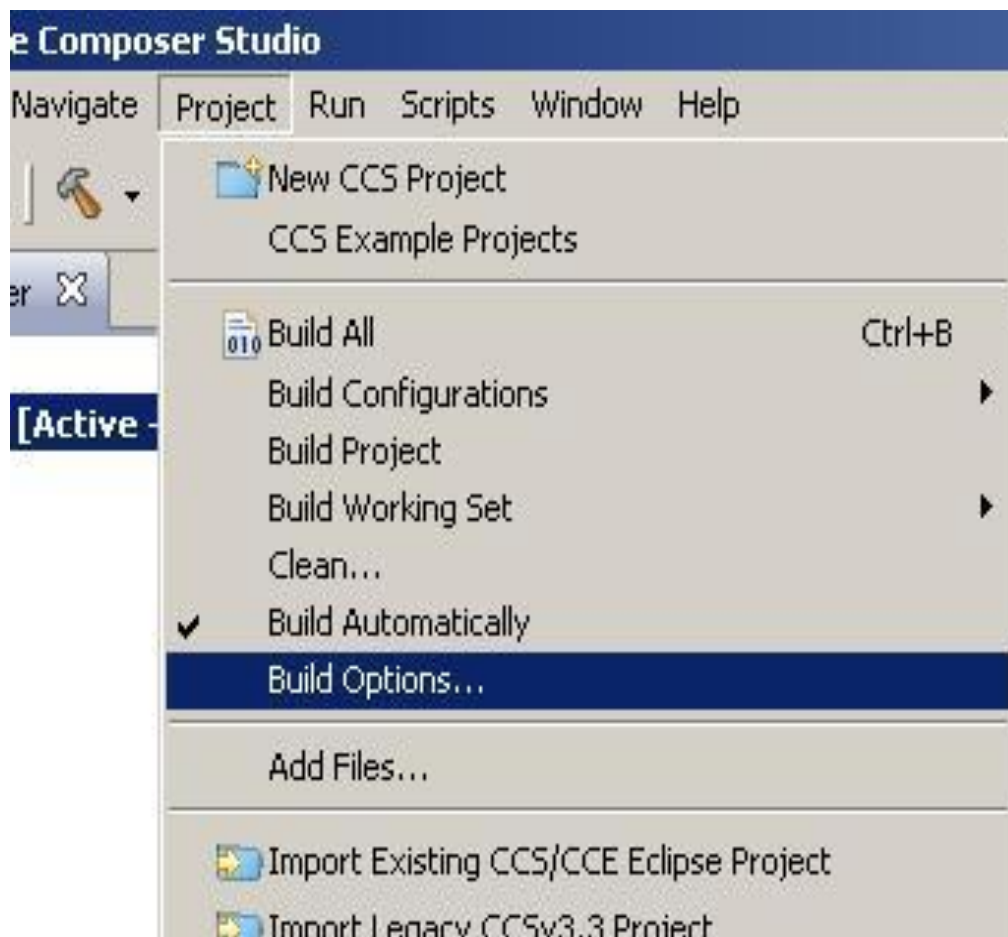


Рисунок 1 – Выбор пути к папкам **include**

В открывшемся окне в пункте **Include Options** (рисунок 2) в поле **Add dir to #include search path** жмем на зеленый плюсик и выбираем путь к папкам include:

- C:\tidcs\c28\DSP2833x\v131\DSP2833x_common\include,
- C:\tidcs\c28\DSP2833x\v131\DSP2833x_headers\include.

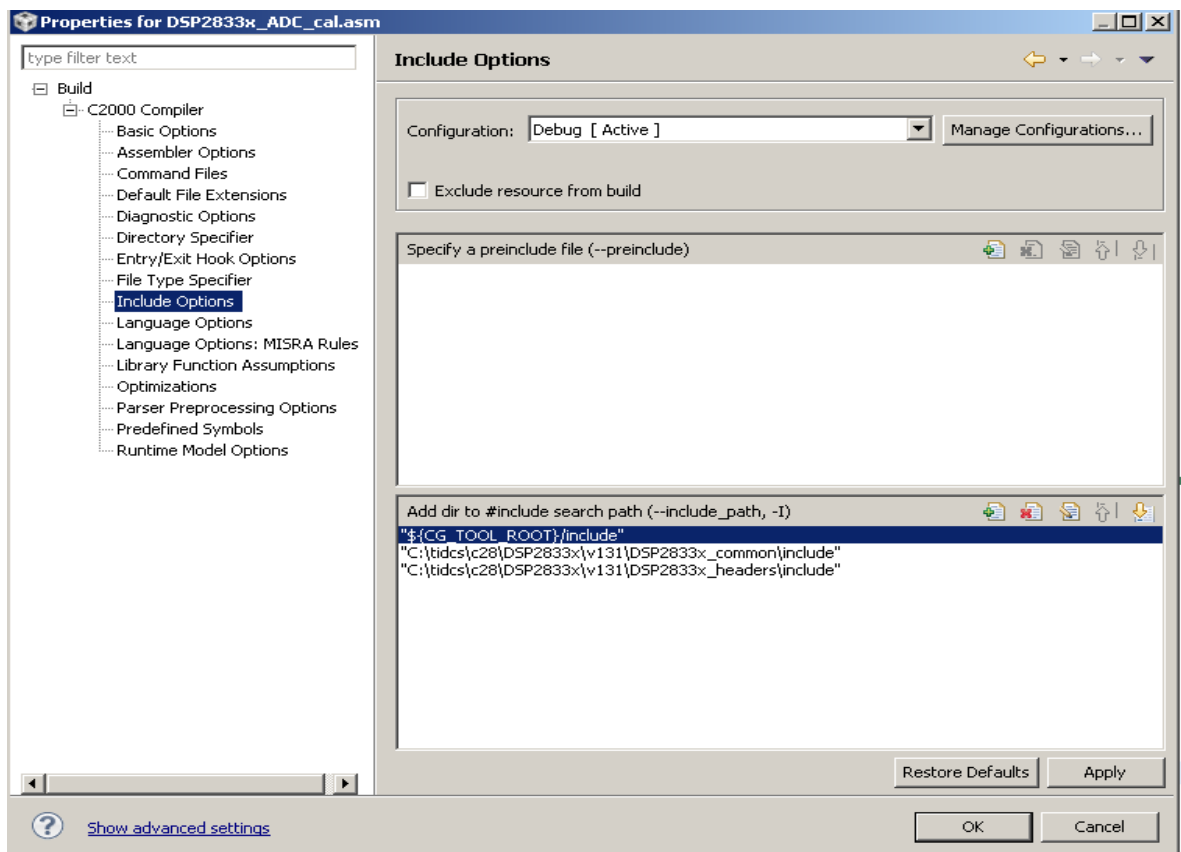


Рисунок 2 – Подключение путей к папкам include

Нажимаем на кнопку **Build**. Проект построен. Настроим отладчик: в **Project Explorer** делаем двойной клик по **TMS320F28335.ccxml** (рисунок 3).

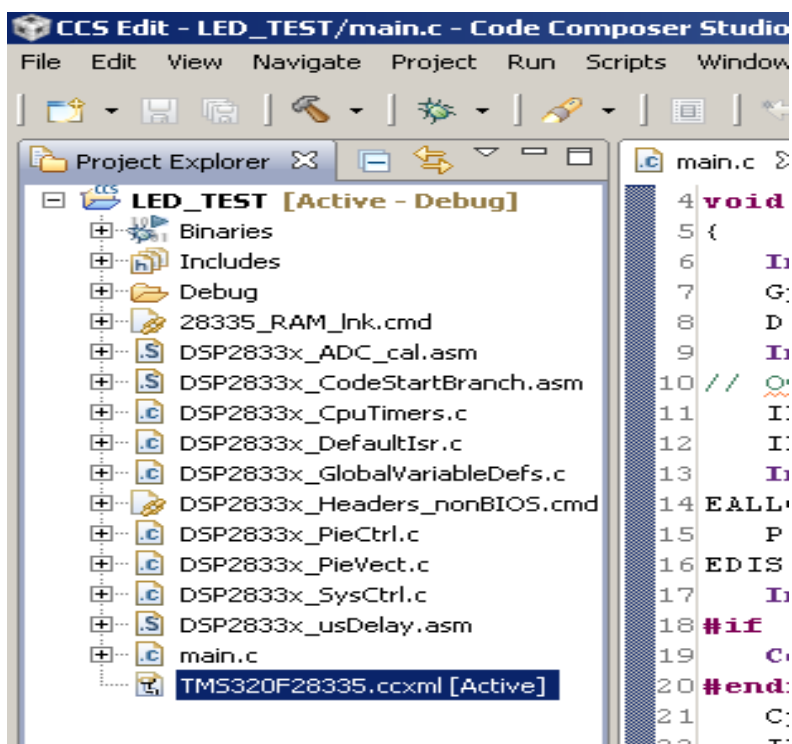


Рисунок 3 – Подключение отладчика

В открывшемся окне внизу выбираем вкладку **Advanced**, выделяем **Texas Instruments XDS100v3 USB Emulator**, затем в раскрывающемся списке **The Converter Usage** выбираем пункт **Generate 1149.7 – 4 pin standart mode** и сохраняем все это, нажав на **Save** (рисунок 4). Далее можно проверяем соединение, нажав **Test Conection** и, получив результат **The JTAG DR Integrity scan-test has succeeded**, приступить к запуску приложения. Включаем отладку нажатием на кнопку **Debug** и далее **Resume**.

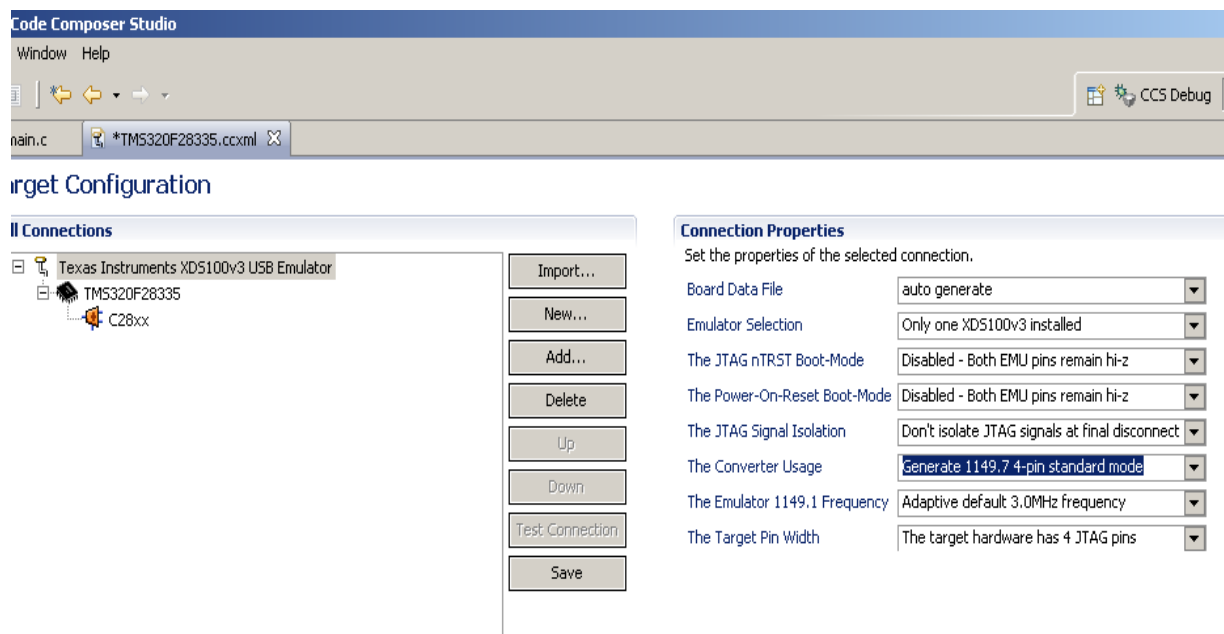


Рисунок 6 – Подключение эмулятора

Библиографический список

1. Высоцкий А.А. Создание проекта в Code Composer Studio v5 [Текст] / А.А. Высоцкий, И.С. Боровиков. В данном сборнике. – 2013. с. 3.

СОДЕРЖАНИЕ

I. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	3
Бургун С.В., Семченко В.А. Количественный анализ зеренного строения стали 08X18H10T.....	3
Гришунин В.А., Комиссарова И.А., Мясникова В.И., Коновалов С.В. Влияние обработки высокоинтенсивным электронным пучком на эволюцию фазового состава рельсовой стали.....	5
Дябденков В.В., Микрюков В.Р., Дербичева Н.С., Проклушина Д.Е. Роль точечных дефектов в изменении диффузионной проницаемости тройных стыков границ зерен в Ni.....	8
Литвиненко Н.Г., Комиссарова И.А., Загуляев Д.В., Коновалов С.В. Влияние магнитного поля на ползучесть меди	10
Морозов М.М., Маркова Т.Н., Мясникова В.И. Тройные диаграммы на основе систем Cu–Pd–Pt и Cu–Pd–Ag.....	13
Невский С.А., Жмакин Ю.Д., Коновалов С.В., Загуляев Д.В., Сарычев В.Д. Ползучесть меди при воздействии больших электрических потенциалов.....	16
Семченко В.А., Бургун С.В. Исследование зеренной структуры стали 08X18H10T.....	19
Сосков А.А., Дербичева Н.С., Проклушина Д.Е. Массоперенос в биметалле Ni–Al при наличии комплексов вакансий в поле дислокаций несоответствия.....	21
Бухгольц Э.И., Ягунова Д.Е. Влияние содержания углерода в металле и FeO в шлаке на процесс десульфурации, дефосфорации.....	23
Бухгольц Э.И. Изучение температурной зависимости объема железоуглеродистых сплавов.....	28
Соловьева Н.Ю. Получение отвердителя для дальнейшего использования в производстве порошковых красок на основе отходов цеха фталевого ангидрида.....	32

Соловьева Н.Ю. Получение модификатора для дальнейшего использования в производстве порошковых красок, на основе отходов цеха фталевого ангидрида.....	33
II. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	36
Серг А.Г., Егоров Д.А. Мониторинг сейсмического воздействия массовых взрывов на разрезах Кузбасса.....	36
Гришунин М.К. Выбор и обоснование взрывных работ с применением детонаторов электронного замедления.....	39
Сурков А.В, Никитина А.М. Технология вскрышных работ с использованием природного ландшафта.....	42
Козлов Б.А. Инженерные методы расчета коэффициента запаса устойчивости бортов железорудных карьеров	44
Ботяев А.А. Обоснование параметров БВР с целью снижения обводненности массива на разрезе «Куприинский».....	47
Шмакова А.К., Никитина А.М., Риб С.В. Оценка эффективности мер борьбы с пучением пород почвы в горных выработках шахты «Усковская».....	50
Коземаслов В.А., Никитина А.М. Особенности проведения монтажных камер и производства монтажных работ в сложных горно-геологических условиях на шахтах.....	53
Ситников Э.Ю. Выбор технологии отработки крутых угольных пластов на ООО «Шахта Красногорская».....	55
Берин С.С. Нетрадиционная технология разработки угольных пластов.....	58
Митраков В.О. Выемка блоков на контакте с твердеющей закладкой в условиях Таштагольского рудника.....	61

Стариков Д.М. Оценка устойчивости обнажений и обоснование безопасной отработки слепой рудной залежи на участке «Новый Шерегеш» в этаже (+185) – (+115) м.....	64
Егоров П.В. Выбор порядка и систем разработки для отработки богатой руды на первоочередном участке залежи С-2 СЗР Октябрьского месторождения шахты «Комсомольская».....	67
Чалова Е.А. Перспективы замены вентиляторов главного проветривания шахт.....	70
III. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ.....	73
Неунывахина Д.Т. Исследование свойств теплоизолирующих смесей для разлива стали в изложницы.....	73
Корвякова М.Н. Исследование ликвационных процессов при непрерывной разливке рельсовой стали.....	75
Ефименко Ю.А., Балацкий Г.В., Тарков Р.А. Изучение влияния обработки стали ванадием и азотом на структуру металла.....	78
Ходосов И.Е., Силин М.Ю., Чукреева Е.С. Изучение металлургических свойств хромовой руды Успенского рудопроявления.....	81
Сидоров А.В. Выплавка силикомарганца с применением полукокса.....	85
Гончарук М.С. О возможности использования идеи неподвижной воздушной прослойки для теплоизоляции тепловых агрегатов.....	89
Плюснина Е.А. Создание стагнационного воздушного слоя для теплоизоляции печей.....	92
Слажнева К. С. Снижение тепловых потерь через элементы остекления зданий при использовании лучепоглощающих газов.....	95
Турлак Н.В. Перспективы использования тепловых насосов в черной металлургии.....	97

Шадринцева Д.А. Инженерная обобщенная методика определения коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов.....	100
Серебренникова Т.Г. Полный энергетический баланс процесса получения губчатого железа в шахтной печи эксергетическим методом.....	104
Деев В.Б., Пономарева К.В., Юдин А.С., Воробьева Д.В., Судаков В.Н. Повышение чистоты поверхности и размерной точности отливок из алюминиевых сплавов, полученных по газифицируемым моделям.....	107
Деев В.Б., Пономарева К.В., Прохоренко А.В., Воробьева Д.В., Алхимов В.Н. Перегрев расплавов и свойства алюминиевых отливок при литье по газифицируемым моделям.....	110
Деев В.Б., Пономарева К.В., Цецорина С.А., Прохоренко А.В., Воробьева Д.В. Применение термоскоростной обработки расплавов при литье алюминиевых сплавов по газифицируемым моделям.....	114
Шалагина У.С. Будет ли производство алюминия в Новокузнецке?.....	117
Триппель А. А. Алюминиевая промышленность Китая в XXI веке.....	120
Смирнова О. А. Современная производственная структура цеха по переработке вторичного алюминиевого сырья.....	123
Серебренникова Т.Г., Рязанова Н.В. Перспективы производства синтетических металлургических флюсов в Кузбассе.....	126
Пулотова З.М. Исследование свойств нанопорошка карбида титана.....	130
Козлова С.А. Новые подходы к рафинированию вторичных алюминиевых сплавов.....	133
Карамышева А.В. Перспективы создания нерасходуемого анода для алюминиевого электролизера.....	137
Воропай А.Н., Манина Т.С., Самаров А.В., Колмыков Р.П. Получение наночастиц никеля и гидроксида никеля на пористом углеродном носителе.....	139

IV. НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И УПРОЧНЯЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	143
Долгова С.В., Хайруллин П.В.	
Новый литейный медный сплав для космической метрологии.....	143
Харченко Е.С.	
Влияние тугоплавких легирующих элементов на линейное расширение высококремнистых силуминов.....	147
Андреев П.Г.	
Влияние термической обработки на свойства сплавов системы Al – Si – Be, обработанных водяным паром.....	151
Паутова Т.О.	
Изучение влияния условий приготовления на линейное расширение сплава Al - 11% Si	154
Пятин Д.С.	
Влияние термоциклической обработки на линейное расширение промышленных силуминов.....	156
Иванов А.А.	
Металлографическое исследование металла фрагмента разрушенной колесной пары.....	162
Давыдова К.А.	
Металлографическое исследование металла фрагмента разрушенной буксовой пружины, принадлежащей ОАО « Федеральная пассажирская компания».....	165
Шевченко Р.А.	
Создание установки для сварки сплавов с памятью формы.....	168
V. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ	171
Андреева Я.А.	
Особенности подготовки трёхмерных моделей планетарных механизмов к динамическому исследованию в системе T-Flex.....	171
Герасимов С.П.	
Решение группы ассур применительно к пятисателлитному планетарному зубчатому механизму.....	175
Максимова Е.Н.	
Особенности строения и кинематического исследования механизмов перекатывающихся рычагов.....	178
Молчанов В.В.	
Решение задачи о нахождении ударного импульса, генерируемого многоступенчатым бойком.....	180

Суджаян А.А. Четырехзвенный кулачковый механизм с изменяемым законом движения толкателя.....	184
Ясеквич О.М. Четырехзвенные механизмы второго вида, их структурный синтез в различных подсемействах.....	186
Баклушина И.С., Беляева А.К. Обоснования к структурному синтезу трехопорных строительных ферм из плоских групп Асура.....	189
Чашников Д.О. Силовое исследование щековой дробильной машины со взаимоподвижными щеками до определения всех реакций в кинематических парах.....	191
Покровская О.Д., Лескина Д.А. Организация транспортного обслуживания потребителей автопоездами со сменными полуприцепами.....	195
Покровская О.Д., Буканович И.И. Организация автомобильных перевозок с применением грузовых терминалов.....	198
Покровская О.Д., Ян Я.В., Чистяков С.А. Выбор погрузочного оборудования для штучного груза	202
VI. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.....	206
Бабичева Н.Б. Экспертная разработка и применение нормативных моделей в процессе «рейтингования» абитуриентов ВУЗа.....	206
Грачев А.В. О методе сетевой маршрутизации.....	211
Дергач Е.Ю. Нормативные модели деятельности на основе рейтинговых оценок в тренажерных системах на базе НММ.....	215
Буглаев С.А. Задача оценки эффективности технологии аппаратной виртуализации, на примере технологии «Hyper Threading».....	219
Бурмагина Е.А. О развитии медицинских информационных систем в г. Новокузнецке.....	223

Миллер Р.А.	
Задача переноса данных из действующей в новую версию базы данных системы управления персоналом предприятия.....	227
Старинский И.В.	
Задача разработки Web-сайта оздоровительного комплекса (на примере ОК «Родник»).....	233
Орехов А.С., Назина Е.А.	
Методика установки микроконтроллерной системы C2000 Experiment Kit в лабораторном стенде.....	236
Самоделкин К.А., Фирсов В.Е.	
Методика работы в среде Code Composer Studio 4 в составе лабораторного стенда.....	239
Фирсов А.К., Орлов Д.А.	
Методика создания проектов в лабораторных работах и курсовом проектировании.....	242
Высоцкий А.А., Боровиков И.С.	
Создание проекта в Code Composer Studio V5.....	245
Горбачев Д.И.	
Программа сигнализации на СИ в Code Composer Studio V5.....	248

Научное издание

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Часть II

*Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых*

Выпуск 17

Под общей редакцией	М.В. Темлянцева
Технический редактор	С.В. Коновалов
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать _____

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15,22 Уч.-изд. л. 16,49 Тираж 300 экз. Заказ № _____

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ