

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

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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ЧАСТЬ III**

*Труды Всероссийской научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
13 – 15 июня 2018 г.*

**выпуск 22**

Под общей редакцией профессора М.В. Темлянцева

**Новокузнецк  
2018**

ББК 74.580.268  
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор М.В. Темлянецв,  
д-р геол. - минерал. наук, профессор Я.М. Гутак,  
д-р техн. наук, профессор В.Н. Фрянов,  
канд. техн. наук, доцент В.В. Чаплыгин,  
д-р техн. наук, профессор Г.В. Галевский,  
канд. техн. наук, доцент С.В. Фейлер,  
д-р техн. наук, доцент А.Р. Фастыковский,  
канд. техн. наук, доцент С.Г. Коротков  
канд. техн. наук, доцент И.В. Зоря,  
канд. техн. наук, доцент А.В.Новичихин

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2018. - Вып. 22. - Ч. III. Технические науки. – 392 с., ил.-148 , таб.-33.

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Третья часть сборника посвящена актуальным вопросам в области технических наук: перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых; металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования; экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов; новым информационным технологиям и системам автоматизации управления; актуальным проблемам строительства; теории механизмов, машиностроению и транспорту.

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

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2018

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

УДК 622.261:622.267.52

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПЫЛЕВЗРЫВОБЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ФИЛИАЛА «ШАХТА «УВАЛЬНАЯ»**

**Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: 25borz@rambler.ru*

В данной статье рассмотрены возможные меры уменьшения образования и подавления пыли в угольных шахтах. Разработаны мероприятия по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок в условиях филиала «Шахта «Увальная».

Ключевые слова: пылеподавление, пыль, способы борьбы, пылевзрывозащитные мероприятия.

Оснащение угольных шахт высокопроизводительной горной техникой привели к сильному возрастанию запылённости подготовительных выработок, превратив их в объект повышенной пожаро- и взрывоопасности. Применяемые в таких условиях средства не в состоянии поддержать допустимую атмосферу. В результате на всём протяжении выработки покрыты отложившейся угольной пылью или в определённых условиях имеет метановый слой. Это означает, что длина зоны со взрывчатой смесью имеет неограниченную длину.

Применяемые в настоящее время способы и средства пылеподавления, к сожалению, недостаточно эффективны. Поэтому потенциальная опасность взрывов метано- пылевоздушных смесей всегда остается, требуя разработки качественно новых способов борьбы с пылью. Конечно, технологические процессы при проведении выработок, и ведении очистных работ с высокой скоростью продвижения, предъявляют особые требования к охране труда и технике безопасности, обусловленные спецификой разрушения горного массива, погрузкой и транспортировкой горной массы и креплением забоя [1].

Комплекс пылевзрывозащитных мероприятий, проводимый в угольных шахтах, направлен, в первую очередь, на создание и поддержание в выработках таких условий, при которых возможность взрыва угольной пыли исключается, а именно:

-мероприятия, предупреждающие пылеобразование и распространение пыли по сети горных выработок;

- мероприятия по предупреждению взрывов отложившейся на кровле, боках и почве выработок угольной пыли.

Возможные меры уменьшения образования и подавления пыли в угольных шахтах многообразны [2]. Это применение новых систем добычи угля и новых технологических процессов, вызывающих меньшее пылеобразование, разработка конструкций нового инструментария и механического оборудования, построенного на принципе меньшего пылеобразования и др.

Однако в условиях интенсификации угледобычи пылеобразование увеличивается, увеличивается и пылеотложение в горных выработках.

В этой связи актуальным является разработка мероприятий по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок в условиях филиала «Шахта «Увальная».

В соответствии с действующими правилами безопасности в угольных шахтах каменные угли с выходом летучих веществ ( $V_{daf}$ ) более 15 % относятся к опасным по взрываемости угольной пыли. Уголь всех угольных пластов Увального месторождения имеет выход летучих веществ, значительно превышающий указанный предел, следовательно, их необходимо отнести к *опасным по взрываемости угольной пыли* со следующими показателями:

- сумма негорючих веществ ( $A_{\Phi}$ ) - 13,3%;
- выход летучих веществ ( $V_{daf}$ ) - 35,5%;
- нижний предел взрываемости отложившейся угольной пыли ( $\sigma_{отл}$ ) - 36 г/м<sup>3</sup>;
- добавка инертной пыли (D) - 85%;
- норма осланцевания (N) - 87%.

Отбор проб пыли в шахтах осуществляется при помощи различных аспираторов. Массу пылевого осадка определяют взвешиванием фильтра до и после отбора пробы пыли.

В угольной промышленности России использовался аспиратор АЭРА – автоматический рудничный с эжекторным побудителем тяги, работающий от баллона со сжатым до 20 МПа воздухом. У него отсутствует контроль за объемной скоростью протягивания воздуха, большая металло- и энергоемкость, большие габариты и недопустимо большая масса (7,7 кг) при ресурсе работы, ограниченном 1 часом [3].

Другой аспиратор – «измеритель концентрации пыли» ИКП представляет собой однокамерный диафрагменный насос, в котором объем прокачанного воздуха определяется счетчиком оборотов двигателя. Он рассчитан на работу в течение 8 часов. Масса его 1,1 кг при производительности 6 дм<sup>3</sup>/мин, которая зависит от нагрузки.

В ИКОН РАН разработан аспиратор-пылепробоотборник ПП-2У (ПП-2Ум), в котором использован двухкамерный диафрагменный насос. Измерение массового расхода воздуха исключает необходимость измерения температуры, давления и влажности воздуха на месте пробоотбора для приведения объема к стандартным условиям [3].



Рисунок 1 - Аспиратор-пылепробоотборник ПП-2У (ПП-2Ум) с индикацией текущего объема прокачанного воздуха, массы пыли на фильтре и концентрации пыли [3]

Эти аспираторы могут использоваться для определения среднесменных концентраций по результатам последовательного измерения разовых концентраций в течение рабочей смены.

Для отбора пробы пыли в зоне дыхания используются индивидуальные пылепробонаборники. Их можно назвать дозиметрами, так как они отбирают порцию - дозу пыли, которая должна попасть в легкие при дыхании в течение рабочей смены, и которая используется для расчета пылевой нагрузки на организм работающего с тем чтобы применить защиту временем.

Из современных индивидуальных пылепробонаборников следует отметить СІР-10. При помощи этого аспиратора можно определять уровни концентрации пыли на рабочих местах и измерять среднесменные концентрации пыли в зоне дыхания или в рабочей зоне.

Другой достойный внимания индивидуальный пробонаборник пыли - РDM (Personal Dust Monitor). Запыленный воздух отсасывается при помощи пробоотборной трубки, расположенной на фаре светильника. Пробоотборник РDM может работать непрерывно в течение 12 часов, записывая результаты замера в память. Последние могут передаваться оператору. Имеется возможность подключения прибора к компьютеру для дальнейшего анализа данных.

В настоящее время прибор ПКА-01 является единственным в мире малогабаритным экспресс прибором оперативного контроля запыленности воздуха с широким диапазоном измерения. Прибор компактен, имеет современный дизайн и оснащен новейшими микропроцессорами. Принцип действия прибора основан на определении аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента за счет падения объемного расхода прокачиваемой пробы. С помощью встроенного процессора объемный расход пересчитывается в массовую концентрацию аэрозольных частиц, которая отражается на цифровом табло прибора.

Из прямых методов измерения массы отложившейся пыли следует от-

метить виброрезонансный, основанный на изменении частоты колебаний пьезоэлемента от массы осевшей на нем пыли.

На данный момент существующее положение дел на филиале "Шахта "Увальная" по обеспечению пылевзрывобезопасного состояния горных выработок требует комплексного подхода, иначе возникает повышенная степень опасности: взрыв угольной пыли и постоянное негативное воздействие на человека.

Для комплексного решения данных проблем в условиях филиала «Шахта «Увальная» предлагается внедрить следующие мероприятия:

- контроль пылевзрывобезопасности, разработанный ООО «Горный-ЦОТ», г. Кемерово (рисунок 2). Основным смыслом данного контроля заключается в автоматической регистрации комплекса параметров, которые по результатам алгоритмической обработки позволяют оценивать интенсивность пылеотложений в горной выработке на протяжении 1000 м от места установки датчика (до следующего источника пылевыделения). В основе физического принципа измерения датчика контроля запыленности и интенсивности пылеотложений СКИП лежит предположение, что характер распределения дисперсного состава витающей пыли вблизи источника интенсивного пылевыделения однозначно определяет интенсивность пылеотложений на всем протяжении горной выработки при условии отсутствия дополнительных источников пылевыделения [3].

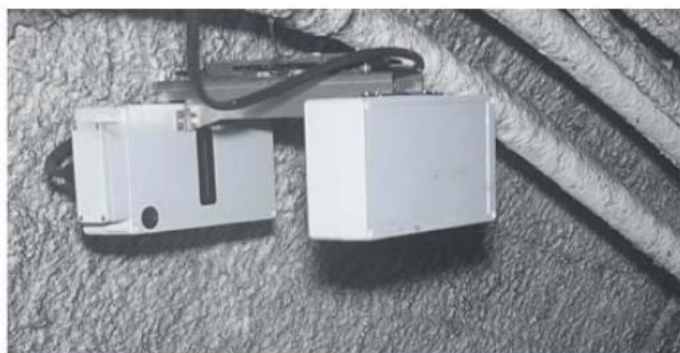


Рисунок 2 - Прибор СКИП в шахте [3]

Предлагаемый прибор контроля запыленности и интенсивности пылеотложений СКИП позволяет оценить состояние пылевзрывобезопасности горных выработок угольных шахт. Прибор СКИП оснащен метками для систем АГК различной модификации и сертифицирован в составе этих систем как средство измерения заявленных параметров, что позволяет выводить показания СКИП на монитор диспетчера угольного предприятия;

– использовать в качестве связующих жидкостей химические реагенты. Это позволит нейтрализовать статическое электричество части угольной пыли и заставить взвешенные частицы быстро оседать и в дальнейшем больше не возвращаться в воздух;

– производить гашение взвешенной пыли по ходу движения от места разрушения;

– учитывая конфигурации горных выработок и мест разрушения горной массы предлагается установка систем распыления жидкости с учётом индивидуального подхода к каждому месту разрушения (факельное, конусное, щелевое и другие формы распыления жидкости);

– для исключения бесконтрольного расхода жидкости и химических реагентов предлагается использование передовых средств автоматического контроля параметров подаваемой жидкости, позволяющих вести постоянный контроль за следующими параметрами: давление, расход, качество. Данные обрабатываются с каждого потребителя, возможно внесение автоматической корректировки и вывод информации на пульт диспетчера шахты. В качестве данного вида оборудования рассмотрена фирма «CONFLOW», Англия [4].

Угольная пыль канцерогенна, а также оказывает вредное воздействие на лёгкие шахтёров, поэтому подавление угольной пыли в шахтах – чрезвычайно важная проблема. Одно из решений проблемы, предлагаемое в данной статье, например, применение контрольно-оросительного устройства Conflow и систем орошения, которые устанавливаются для пылеподавления на ленточных конвейерах.

Внедрение предлагаемого оборудования позволит:

- вести контроль за состоянием рудничной атмосферы по всем параметрам и пылеподавления;
- оперативно корректировать отслеживаемые процессы и их параметры;
- значительно повысить безопасность труда, за счёт стабилизации пылевой обстановки;
- способствовать оптимизации рабочего процесса;
- снизить затраты человеческих ресурсов.

#### Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – Москва: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2014. – 200 с.

2. Борзых Д.М. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2015 г. Вып. 19. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 26–28.

3. Подображин А.С. Методы и средства пылевзрывозащиты горных выработок угольных шахт и пылевого контроля / А.С. Подображин // ГИАБ. - 2007. - №12. С. 287-299.

4. Conflow - ведущий поставщик клапанов для решения вопросов безопасности [Электронный ресурс]: режим доступа - <http://conflow.ru>.

5. Садыков С.Р. Исследование существующих и разработка новых способов и средств прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля и газа при проведении подготовительных выработок / С.Р. Садыков, А.М. Никитина, С.В.Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2014 г. Вып. 18. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2014. – С. 21–23.

УДК 622.831

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ОАО «ШАХТА «ЕСАУЛЬСКАЯ»**

**Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: nik.am\_78@mail.ru*

В данной статье обоснована необходимость проведения рекультивации нарушенных земель на горных предприятиях.

Ключевые слова: рекультивация, нарушенные земли, загрязненные земли, провалы.

При прекращении производственной деятельности шахт и разрезов уменьшилось техногенное воздействие на окружающую среду, в том числе выбросы загрязняющих веществ в атмосферу с вентиляционными потоками, сброс загрязненных шахтных и карьерных вод в водные объекты, изъятие и нарушение земель, образование и размещение в породных отвалах отходов производства. Вместе с тем остаются накопители твердых и жидких отходов производства, нарушенные и загрязненные земли, происходит загрязнение подземных водоносных горизонтов, в том числе используемых для питьевых целей, идет процесс провалообразования и выделение шахтных газов на поверхность. Очень остро встает проблема нарушенных земель. Кроме прямого экономического ущерба, связанного с изъятием продуктивных угодий, нарушенные земли причиняют окружающей природной среде серьезный экологический ущерб. Их негативное воздействие на природу проявляется в загрязнении почвы, воды и атмосферы продуктами эрозии и дефляции; иссушении или подтоплении территории; снижении биологической продуктивности прилегающих угодий и др. В настоящее время только в Кемеровской области к нарушенным относится более 100 тыс. га земли, из них рекультивировано немногим более 20 тыс. га [1].

Рекультивация нарушенных земель является для Кузбасса важнейшей



экологической проблемой, тем более, что разрушение растительного и почвенного покрова земли и негативное воздействие горнодобывающих работ на окружающую среду происходят на фоне кризисной экологической обстановки, связанной с интенсивным загрязнением атмосферы и гидросферы промышленными выбросами и стоками металлургических, химических, энергетических и других предприятий [1, 2].

В 2016 году выполнялись работы по выявлению и ликвидации провалов земной поверхности (таблица 1). Реализация мероприятий по ликвидации провалов снижает угрозу для населения, но не снимает проблему полностью, поскольку ежегодно наблюдается новое и рецидивное образование провалов.

Таблица 1 - Результаты геодинимического мониторинга за 2016 год [3]

Углепромышленный район	Протяженность маршрутных обследований, км	Количество выявленных провалов и проседаний		Количество ликвидированных провалов	
		Кол-во, шт	Объем, м <sup>3</sup>	Кол-во, шт	Объем, м <sup>3</sup>
Приморье	906,6	75	1190,0	-	-
Кузбасс	1595,7	11	6445,7	28	13152,9
Восточный Донбасс	284,2	55	9862,6	8	8244,4
Урал	2386,24	158	51371,7	92	30226,2
Печора	54,6	3	137,0	-	-
Подмосковье	557	41	49246,1	7	4840,8
Итого	5784,34	343	118253,1	132	56464,3

К тому же, как показывает практика, основная масса провалов происходит над выработками, ликвидированными 25 - 40 лет назад, а учитывая, что последние выработки были ликвидированы всего 10... 12 лет назад, процессы провалообразования будут продолжаться.

В этой связи актуальным является разработка технико-технологических решений по рекультивации нарушенных земель в условиях ОАО «Шахта «Есаульская».

Поле ОАО «Шахта «Есаульская» расположено в северо-восточной части Байдаевского геолого-экономического района в 20 км от города Новокузнецка, в границах геологических участков Есаульских 5 и 3-4 и Антоновского 3 [4].

Наиболее высокие отметки рельефа (+400м) приурочены к средней части водораздела, а самые низкие (+220м) - пойме реки Есаулки. Значительная часть площади занята лесом, где произрастает пихта, береза, осина и мелкий кустарник. Наиболее распространенными типами почв являются темно-серые, дерново-подзолистые глинистые и суглинистые.

Система разработки - длинные столбы по простирацию с полным обрушением кровли, в связи с изменчивостью гипсометрии и наличием круп-

ных дизъюнктивных нарушений на отдельных участках пластов применяется отработка столбами по падению. Длина выемочных столбов 1000-1500 м, длина лав 250-300 м.

Категория шахты по газу метану - сверхкатегорная. Опасность по пыли - опасная. Опасность по горным ударам - угрожаемая с глубины 190 м.

Схема проветривания - комбинированная. Способ проветривания шахты - комбинированный. Система проветривания шахты - единая.

Для откачки воды действует главный водоотлив, происходит подтопление уклонного поля, которое изолировано перемычками. Горные выработки, выходящие на дневную поверхность, ликвидируются путем засыпки их неразмокаемой и негорючей породой [4].

При ликвидации шахты "Есаульская" могут возникнуть следующие виды экологических последствий:

1. Подтопление территории жилого сектора.
2. Возможные случаи образования провалоопасных зон.
3. Образование мульд проседания земной поверхности в пределах земельного и горного отводов шахты, подлежащие рекультивации.
4. Деградация почв 1, 2 степени на нарушенных участках в пределах земельного и горного отводов.
5. Земли промплощадки, на которых находятся здания и сооружения подлежащие сносу.
6. Угроза проникновения метана и пожарных газов на земную поверхность на основном поле шахты [5].
7. Угроза выделения вредных газов на устьевых зон ликвидированных выработок и из газоотводящих трубок, проложенных через перемычки в устьевых зонах ликвидированных выработок;
8. Изменение режимов и загрязнение подземных и поверхностных вод.

Рекомендуется проводить следующие мероприятия по ликвидации последствий:

- рекультивация нарушенных горными работами земель горного и земельного отводов с засыпкой провалов, частичным ремонтом поверхности провалоопасных участков; данное мероприятие позволит восстановить нарушенные земли и почвенный горизонт;
- ограждение провалоопасных зон на территории, не подлежащей рекультивации (предусматривается сметой на рекультивацию);
- понижение уровня подземных вод погружными насосами;
- разборка зданий и сооружений с последующей планировкой поверхности и биологической рекультивацией позволит привести территорию промплощадки в безопасное состояние.

Предлагается использовать следующее основное оборудование для выполнения работ технического этапа рекультивации по срезке и перемещению грунта:

- бульдозер Т-330 - 1 шт (рисунок 1, а);

- бульдозер Т-170 - 1 шт (рисунок 1, б);
  - автосамосвал КАМАЗ-55111 - 15 шт (рисунок 1, в);
  - автогрейдер ДЗ-98-01 1шт (рисунок 1, г).
- намечено проведение технической и биологической рекультивации в условиях шахты "Есаульская" с последующей передачей восстановленных земель в целевое использование;
- учтены при обосновании направления рекультивации нарушенных земель природные, географические условия, а также хозяйственные и санитарногигиенические требования с учетом экономической целесообразности и социальной эффективности предполагаемых мероприятий;

а)



б)



в)



г)



Рисунок 1 - Оборудование для выполнения работ технического этапа рекультивации: а) бульдозер Т-330; б) бульдозер Т-170; в) автосамосвал КАМАЗ-55111; г) автогрейдер ДЗ-98-01

- предусматривается лесное и сельскохозяйственное направление рекультивации [6];
- предусматривается для проведения биологической рекультивации на поверхность берм, откосов и плато верхнего яруса породного отвала нанести корнеобитаемый слой из потенциально-плодородных пород (ППП). Мощ-

ность корнеобитаемого слоя для древесно-кустарниковых пород, высаживаемых на отвале, составляет 0,8-1,0 м;

- предлагаются на некультивируемых землях использовать лучшие по всхожести, росту и продуктивности злаково-бобовые многолетние травы: люцерна синегибридная, эспарцет. Эти культуры используются на первом этапе рекультивации в качестве зеленого удобрения (запахивание зеленой массы), так как они обогащают почву органическими веществами;

- лучшей культурой для рекультивируемых площадей на первом этапе рекультивации предлагается донник белый. Он дает высокие урожаи зеленой массы и семян, донник отличается высокой засухоустойчивостью;

- предусматривается лесная рекультивация на отвале породы;

- приняты в качестве лесообразующей породы - сосна, мелиоративного кустарника - облепиха, для древесно-кустарниковых насаждений лесной рекультивации на отвале пород принята схема смешения: 3 ряда сосны (60%) и 2 ряда облепихи (40%);

- предлагается использовать экологический мониторинг участков недр с целью оценки состояния и прогноза изменения объектов наблюдения.

#### Библиографический список

1. Хорошилова Л.С. Проблемы нарушенных земель в Кузбассе и их пути решения / Л.С. Хорошилова, А.В. Тараканов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. - 2007. - №2. - С. 62-64.

2. Сидоров Р.В. Экологические последствия закрытия угольных шахт в Кузбассе / Р.В. Сидоров, Т.В. Корчагина, В.Л. Рыбак // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. - 2014. - №1. - С. 30-33.

3. Анализ экологического мониторинга в районах ликвидации угольных шахт России / Т.В. Корчагина [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. - 2017. - №4. - С. 39-47.

4. Техническая документация ОАО «Шахта «Есаульская»».

5. Риб С.В. Исследование влияния дизъюнктивных нарушений на состоянии массива горных пород в окрестности подготовительной выработки / С.В. Риб, В.В. Басов, А.М. Никитина // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2016. – № 1 (15). – С. 17–20.

6. Борзых Д.М. Обоснование технологии вскрышных работ с использованием природного ландшафта при открытой разработке угольного месторождения / Д.М. Борзых, А.М. Никитина // Проблемы геологии и освоения недр : труды XVII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Т. 2 / Нац. исследоват. Томский политехн. ун-т. – Томск, 2013. – С. 299–300.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
ПО ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ОТРАБОТКИ  
НАДРАБОТАННОГО ПЛАСТА 45 В УСЛОВИЯХ  
ОАО ФИЛИАЛ «ШАХТА «ЕРУНАКОВСКАЯ–VIII»**

**Полтинников Р.С., Никитина А.М., Риб С.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: nik.am\_78@mail.ru*

В данной статье рассмотрена проблема отработки надработанных пологих пластов на шахтах Кузбасса.

Ключевые слова: свита пластов, надработка, сближенные угольные пласты.

При отработке свит пластов формируются зоны повышенного горного давления (ПГД) на сближенных пластах. Как показывает опыт отработки свит пологих угольных пластов на шахтах Кузбасса, ведение горных работ в зонах повышенного горного давления существенно осложняется повышенными нагрузками на крепь очистных забоев и выемочных выработок, сопровождается повышенным газовыделением на выемочных участках. В наибольшей степени и объеме испытывают вредное влияние надработки очистные и оконтуривающие выемочные столбы вентиляционные и конвейерные штреки на пологих и наклонных пластах.

Вредное влияние в очистных и подготовительных выработках выражается в следующем:

- отжим угля и вывалы пород кровли;
- пучение пород почвы при отработке верхнего пласта;
- внезапные прорывы метана из нижнего пласта в выработки обрабатываемого верхнего пласта;
- самовозгорание угля, в том числе соседнего не обрабатываемого пласта;
- прорывы разрушенных пород в выработки верхнего обрабатываемого пласта из выработанного пространства ранее отработанного нижнего пласта;
- разрушение пород между пластами под влиянием предельных напряжений, возникающих при взаимном влиянии выработок весьма сближенных пластов;
- снижение устойчивости угольных целиков вследствие их неоднородности и взаимного влияния геомеханических процессов на соседних весьма сближенных пластах.

Проведённые исследования геомеханических процессов в надрабатываемых массивах, способы и схемы управления горным давлением не позволяют обосновать параметры эффективной отработки надработанных пластов, поэтому задача эффективной подземной разработки надработанных

угольных пластов является актуальной.

Современная подземная разработка угольных месторождений характеризуется углублением горных работ и переходом на отработку более газоносных угольных пластов. Одним из основных направлений обеспечения конкурентоспособности угольных шахт является повышение уровня концентрации горных работ, рост нагрузок на очистные забои, переход все большего количества предприятий на структуру «шахта-лава».

Повышение производительности очистных забоев достигается, главным образом, за счет применения современных энерговооруженных механизированных комплексов в благоприятных горно-геологических условиях (пологие пласты средней мощности и мощные) для большинства КМЗ. При этом технический потенциал современного оборудования, как правило, используется неполностью, а нагрузки на КМЗ ограничиваются газовым фактором, т.е. возможностями управления метановыделением на выемочных участках средствами вентиляции, дегазации и изолированного отвода метановоздушной смеси. Наибольшее распространение на шахтах РФ получили системы разработки длинными столбами с подготовкой выемочных участков спаренными выработками, разделенными неизвлекаемыми ленточными целиками. Целики формируют зоны повышенного горного давления (ПГД), которые могут осложнять ведение горных работ на сближенных пластах. Угленосная толща в пределах горных отводов шахт может включать свиты из десятков угольных пластов как рабочей, так и нерабочей мощности. При отработке свит пластов возможны различные сочетания применяемых технологий и систем разработки, характеризующихся различным распространением зон ПГД, их форм и размеров, степенью влияния на эффективность и безопасность горных работ.

В таблице 1 показано многообразие вариантов отработки двух пологих пластов в шахтном поле, отличающихся очередностью отработки пластов и применяемыми системами разработки. При наличии в шахтном поле трех и более пластов количество возможных вариантов многократно увеличивается [1].

Для шахт России наиболее характерны варианты 1 и 2. Но и в этом случае возможно множество ситуаций в зависимости от подготовки выемочных участков (бесцеликовая или многоштрековая), ориентации выемочных участков, параметров лав и целиков. Эти вопросы на стадии проектирования зачастую решаются без учета взаимного влияния горных работ по пластам. Анализ планов горных работ шахт Кузнецкого и Печорского бассейнов показал, что в настоящее время целики на сближенных пластах оставляются во многих случаях бессистемно, различных геометрических форм и размеров. В ряде случаев сближенные пласты отрабатываются разными шахтами, а разрыв по времени между ведением горных работ на пластах может составлять десять и более лет.

Таблица 1 - Варианты отработки двух пологих пластов в шахтном поле

Варианты	Характеристика варианта	Наименование пластов	
		Верхний	Нижний
1	Очередность отработки Система разработки	1 Длинными забоями	2 Длинными забоями
2	Очередность отработки Система разработки	2 Длинными забоями	1 Длинными забоями
3	Очередность отработки Система разработки	1 Длинными забоями	2 Короткими забоями
4	Очередность отработки Система разработки	2 Длинными забоями	1 Короткими забоями
5	Очередность отработки Система разработки	1 Короткими забоями	2 Длинными забоями
6	Очередность отработки Система разработки	2 Короткими забоями	1 Длинными забоями
7	Очередность отработки Система разработки	1 Короткими забоями	2 Короткими забоями
8	Очередность отработки Система разработки	2 Короткими забоями	1 Короткими забоями

Среди основных вопросов, решаемых при проектировании отработки свит пластов длинными столбами, можно выделить:

- обоснование очередности отработки пластов в свите;
- обоснование параметров подготовки выемочных участков;
- обоснование взаимного расположения целиков на сближенных пластах.

Как показали исследования [2,3], в различных горно-геологических и горно-технических условиях рекомендации по взаимному расположению ленточных целиков на сближенных пластах могут существенно отличаться. Так, с точки зрения минимизации воздействия на земную поверхность предпочтительным является расположение целиков на сближенных пластах в шахматном порядке.

В условиях шахты им. А.Д. Рубана такое расположение позволяет при определенных параметрах обеспечить существенное снижение раскрытия или полное закрытие трещин на поверхности, образованных при первоочередной отработке пласта «Байкаимский» по отношению к пласту «Польсаевский». На рисунке 1 показана схема отработки пластов.

В условиях шахты «Алардинская» с точки зрения минимизации возможного распространения аэродинамической связи между выработанными пространствами соседних выемочных участков и формирования очагов самовозгорания угля наиболее целесообразным является соосное расположение ленточных целиков на сближенных пластах. Соосно расположенные целики формируют зоны ПГД, в которых существенно снижается проницаемость массива, что является своеобразным барьером для неуправляемых перетоков воздуха между выработанными пространствами.

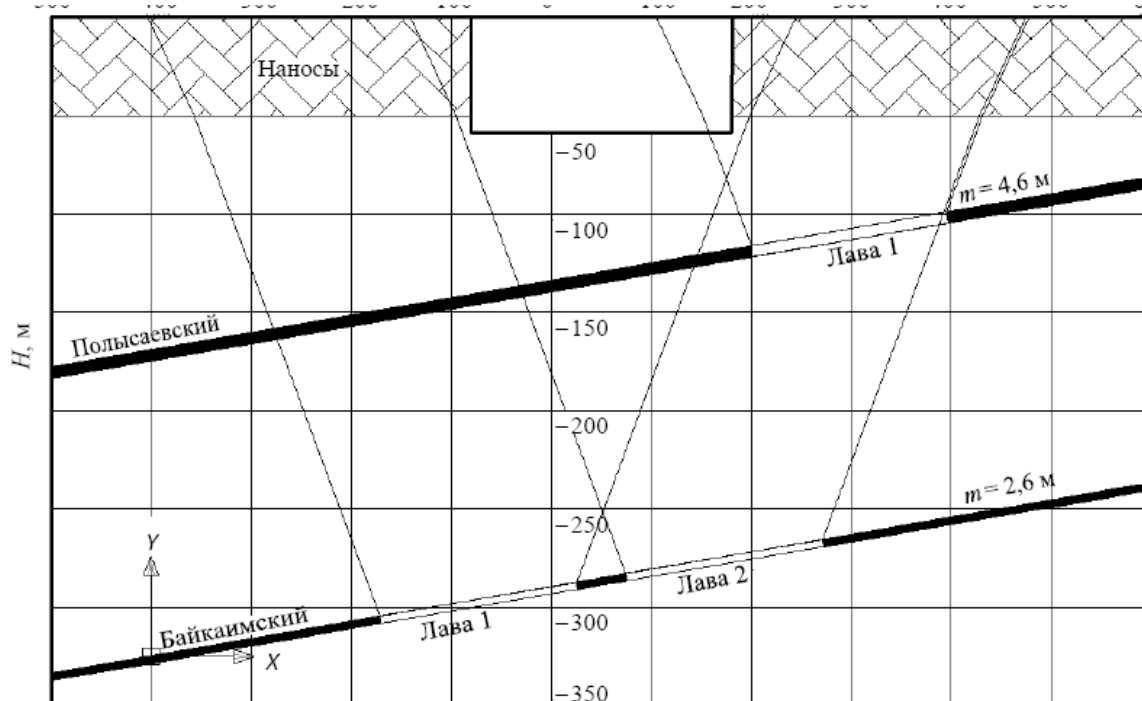


Рисунок 1 - Расположение выемочных участков по пластам на вертикальном разрезе в поле шахты им. А.Д. Рубана [1]

Для шахты им. С.М. Кирова рассматривалась ситуация, когда целики на сближенных пластах располагались параллельно друг другу, при этом для трех выемочных столбов выемочные выработки по пласту «Поленовский» располагались в зоне и на границе зоны ПГД от целиков по ранее отработанному пласту «Болдыревский», для одного выемочного участка выемочные выработки были вне зоны ПГД, а зона ПГД находилась непосредственно над лавой (рисунок 2). Как показали натурные наблюдения и численные исследования, расположение выемочных выработок в зонах ПГД приводит к их разрушению при воздействии опорного давления лавы, что для выемочных участков 2592 и 2593 привело к необходимости проведения третьей параллельной выработки вне зон ПГД, т.е. дополнительным затратам и потерям угля в целиках.

Условия ведения горных работ в зонах ПГД можно характеризовать как особо сложные. В определенных горно-геологических условиях шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс» обеспечение безопасности и высокой скорости проходки подготовительных выработок с применением комплекса опережающих профессиональных мероприятий более технологично и эффективно, чем решение проблемы вывалообразования на участках лав, расположенных в зонах ПГД. Поэтому в некоторых схемах подготовки свиты целесообразнее выемочные выработки располагать под целиками смежных пластов, а очистные работы производить в надработанных защищенных зонах.



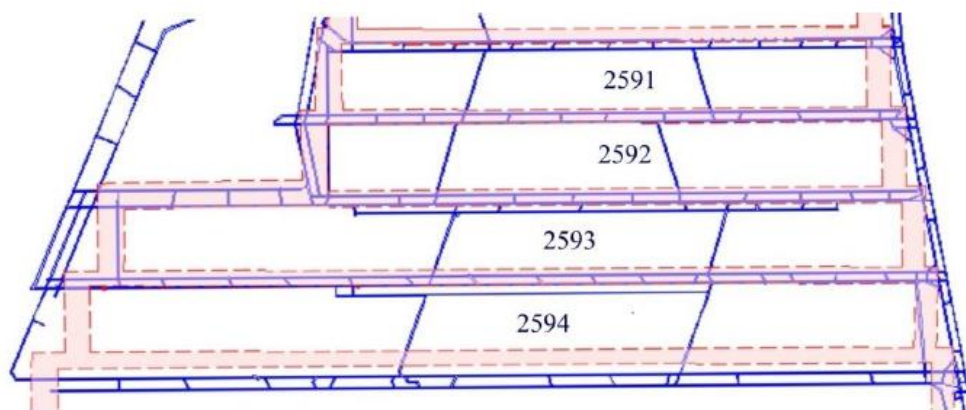


Рисунок 2 - Расположение выработок по пласту «Поленовский» и зон ПГД в поле шахты им. С.М. Кирова

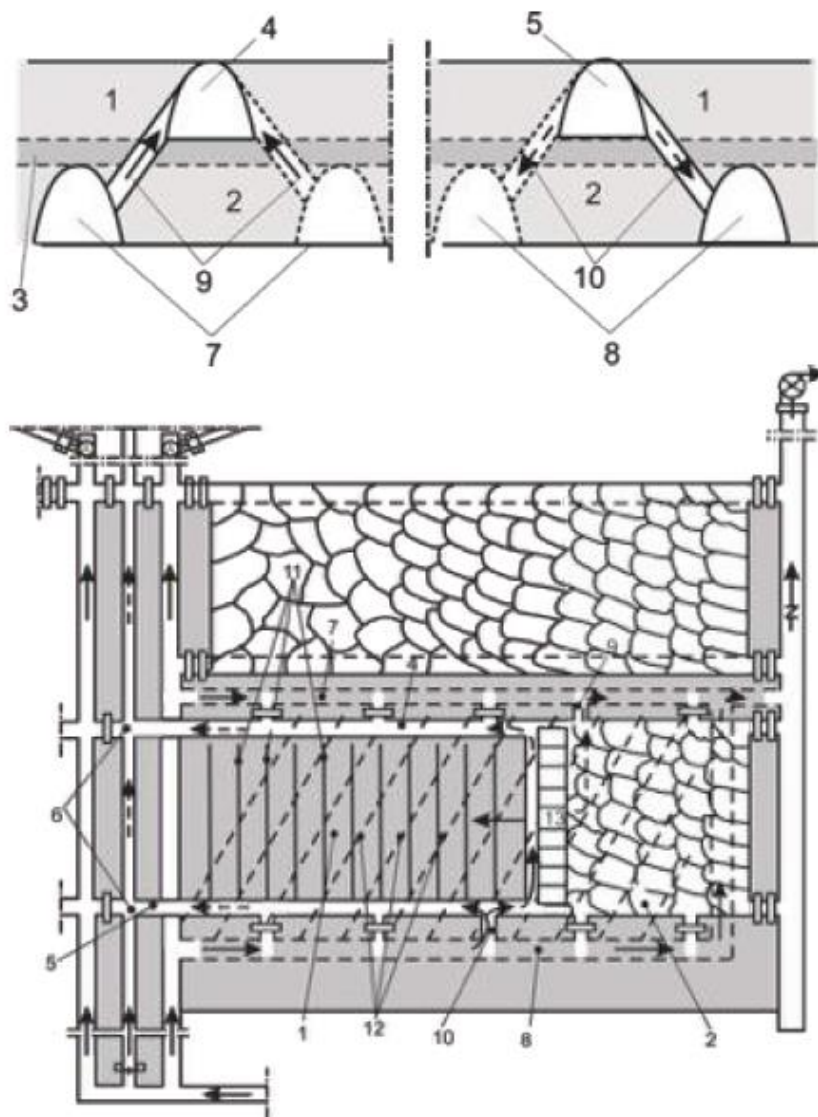
При отработке сближенных пластов большое значение имеет опыт применения дегазационных мероприятий [4, 5].

В настоящее время на ООО «Шахта «Ерунаковская-VIII» обрабатывается пласт 48. Пласт 48 относительно выдержанный, средней мощности (1.84-2.65м), распространен на всей площади участка. Обладает простым и сложным (из 2-3 пачек) строением и лишь по единичным пересечениям может иметь даже четырёхпачечное строение. Наиболее часто встречающийся породный прослой располагается несколько ниже середины пласта, а дополнительные прослои могут встречаться и в нижней, и в верхней его частях. Прослои обычно сложены алевролитом мелкозернистым или его углистыми разностями.

Угольные пласты 48 и 45 на значительной площади участка находятся в зоне газового выветривания и только в северо-восточной части на глубинах более 400 м их газоносность достигает  $12,3 \text{ м}^3/\text{т}$  с.б.м. В целом угольные пласты участка «Ерунаковский VIII», характеризуются умеренной метаносностью.

Сближенный, по отношению к пласту 48, пласт 45 вскрывается и подготавливается с максимальным использованием выработок пласта 48 и общих фланговых наклонных стволов 45-48. Каждый выемочный столб пласта 45 вскрывается породными заездами с ранее пройденных выработок пласта 48 и подготавливается выемочными штреками по пласту 45. Штреки пласта 45 располагаются под ранее отработанными штреками пласта 48, - в разгруженной зоне. Пласт 45 подготавливается к отработке после 48, что даёт возможность слезаться обрушившимся после отработки пласта 48 породам кровли на северо-восточной границе участке, где междупластьев пластов 45 и 48 имеет наименьшую величину.

В качестве одного из возможных решений предлагается в работе следующая технологическая схема при отработке сближенных пластов (рисунок 3) [6].



1 - верхний пласт; 2 – нижний пласт; 3 – междупластье; 4, 5 – вентиляционный и конвейерный штреки верхнего пласта; 6 – система отвода исходящей струи; 7, 8 – вентиляционный и конвейерный штреки нижнего пласта; 9, 10 – сбойки вентиляционных и конвейерных штреков; 11, 12 – дегазационные скважины верхнего и нижнего пластов; 13 – механизированный комплекс

Рисунок 3 - Вертикальная и горизонтальная схемы отработки выемочных участков при отработке сближенных угольных пластов [6]

Решение обладает весьма значимым преимуществом – подготовка выемочных столбов в каждом пласте (48 и 45) ведется по наиболее экономичной - штрековой схеме, а при отработке верхнего слоя наибольшая метанобильность работ. При этом достигается разделение вентиляционных потоков, соответствующее интенсивности основных источников метана, а при отработке практически полностью дегазированного нижнего пласта проветривание выполняется по возвратноточной схеме. В основе этой технологической схемы лежит соединение одноименных штреков по верхнему и нижнему пластам посредством наклонных сбоек. По мере отработки верхнего пла-

ста ближайшие к его забою сбойки поочередно открывают для поступления воздуха из конвейерного штрека нижнего пласта. Часть поступающего воздуха направляется по конвейерному штреку верхнего пласта, отводя метан, выделяющийся из транспортируемого угля, а основная часть поступает на проветривание забоя. Процесс отвода газовой смеси от верхнего сопряжения забоя верхнего пласта осуществляется путем отвода исходящей струи через вентиляционный штрек нижнего пласта на фланговую выработку и далее на газоотсасывающую установку с подсвеживанием исходящей струи воздухом из выработок нижнего пласта. С некоторым отставанием от работ по верхнему пласту или после их окончания обрабатывают нижний пласт.

Предлагаемая технологическая схема отработки сближенных пластов достаточно полно учитывает газодинамическую реакцию газоносных пластов на изменение их состояний при ведении горных работ, повышает эффективность способов управления газовыделением для условий сближенных угольных пластов. Ее применение позволяет повысить эффективность проветривания за счет общешахтной депрессии выемочных участков шахт и спаренных штреков в процессе их проведения.

При проведении выработок по пласту 45 в зонах повышенной трещиноватости пород кровли пласта, при появлении признаков усиления горного давления, допускается изменять параметры анкерной крепи, а также применять рамную крепь.

#### Библиографический список

1. Технологические схемы подготовки и отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» [Текст] – М.: Горное дело: Киммеринский центр, 2014. - 256 с.

2. Разработка алгоритма оценивания напряжённо-деформированного состояния неоднородного угольного целика с использованием двух- и трёхмерной реализации метода конечных элементов / С.В. Риб, А.Н. Домрачев // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды X Всероссийской научно-практической конференции. / под общ. редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 465–469.

3. Коземаслов В.А. Особенности проведения монтажных камер и производства монтажных работ в сложных горно-геологических условиях на шахтах / В.А. Коземаслов, А.М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 14–15 мая 2013 г. Вып. 17. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2013. – С. 53-54.

4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований

проблем промышленной безопасности», 2014 – 200с.

5. Домрачев А.Н Выбор и обоснование алгоритма моделирования работы длинного очистного забоя с учетом влияния неравномерности метано-выделения [Текст] / А.Н. Домрачев, С.В.Риб, А.М. Никитина – Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1 (19). - С. 44-45.

6. Пат. 2510461, Россия, МПК E21F 7/00. Способ комплексного управления газовой выделением на выемочных участках при отработке мощных и сближенных высокогазоносных пологих угольных пластов / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук (ИУ СО РАН), Г.Я. Полевщиков, Е.Н. Козырева, Р.И. Родин, В.Г. Климов, заявл. 06.12.2012; опубл. 27.03.2014. – 8 с.

УДК 622.23.52

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ВЫЕМКИ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

**Бухгольц Э.И., Волошин В.А., Амбарян Ш.Ю.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: bukhgolts1301@mail.ru*

В настоящее время проблема повышения эффективности отработки высокогазоносных угольных пластов приобретает все большую актуальность.

В Кузбассе, как и в других угледобывающих районах, с увеличением глубины горных работ растет и газоносность отрабатываемых пластов. При использовании высокопроизводительного оборудования все труднее обеспечивать воздухом очистной забой ввиду ограниченности его сечения и повышенного газоотделения в зоне работы механизированного комплекса.

Для шахт Кузбасса данная проблема приобретает все более и более существенное значение, поскольку в настоящее время практически все шахты работают на глубинах, где природная метаноносность пластов превышает  $20 \text{ м}^3/\text{т}$  или приближается к этому значению.

Для повышения промышленной безопасности работы в угольных шахтах необходимо обеспечить снижение риска возникновения опасных для персонала аварий и инцидентов. Одним из вариантов решения этой задачи является сокращение численности работников посредством замены их в опасных зонах безлюдными технологиями.

Основные принципы осуществления производственных процессов без непосредственного участия человека:

1) отсутствие человека в опасных зонах, управляющего дистанционно выемочным роботом при проведении выработок и транспортировке горной массы;

2) проведение выработок малого сечения с последующим их расширением и креплением до проектных значений;

3) проветривание расширяемых выработок при помощи шахтной депрессии.

#### Описание технологии

В предлагаемую технологическую систему роботизированной шахты заложены следующие технологические и технические решения:

1) Исключение присутствия работников в подготовительных забоях посредством дистанционного управления роботизированными техническими средствами выемки угля из операторских пунктов, расположенных вне опасных для человека зон.

2) Выполнение основных операций выемки угля в метановоздушной среде при активном пылеподавлении с подачей технологической воды на органы разрушения угля.

3) Гидротранспорт горной массы с подземным циклом обезвоживания горной массы, осветлением воды и утилизацией отходов в выработанном пространстве.

Базой для реализации технических решений в технологической системе роботизированной шахты служит дистанционно-управляемый самоходный робот. Основными функциями робота являются выемка угольного пласта по заданной программе и мониторинг состояния следующих элементов подготовительного забоя: формы и размеров краевой части пласта, устойчивости пород кровли, параметров шахтной атмосферы, транспорта горной массы из очистного забоя. Вся информация о состоянии указанных параметров очистного забоя передаётся оператору для корректировки программы.

Возможность создания такого робота обеспечивается достижениями науки и техники в области роботостроения, создания и реализации средств дистанционного зондирования состояния геомассива и мониторинга технологических процессов. В качестве аналога при конструировании системы управления роботом предлагается использовать технические наработки, устройства и методы, предложенные ООО «ДЖОЙ Глобал».

Учитывая, что применение роботизированной технологии возможно в загазованной среде и сложных горно-геологических условиях, неблагоприятных для традиционной технологии, принята круглая форма передовой выработки малого поперечного сечения. Это позволит осуществить проведение выработки без крепи и снизить вероятность разрушения пород кровли. При возникновении местных вывалов пород кровли в окрестности выработки, в том числе позади выемочного агрегата, предусмотрена в конструкции и в системе автоматического управления возможность разрушения угля и негабаритных кусков породы.

1 - корпус для сборки и компоновки основных узлов, подвода высоконапорной воды и каналов для обмена информацией между оператором и роботом;

2 - распорно-ходовая часть для передвижения робота, обеспечения его устойчивости при работе и перемещении в круглой выработке и на сопряжении с камерой;

3 - исполнительный орган разрушения угля в виде много струйного гидромонитора;

4 - исполнительные органы для разрушения негабаритов и скоплений кусков угля и породы;

5 - управляемое перекрытие для предотвращения вывалов пород кровли;

6 - рукава и соединения для передачи и приёма информации;

7 - подающий и энергопроводящий ставы;

8 - система дистанционного и автоматизированного управления.

В качестве основы для создания автоматизированной системы управления можно использовать технические решения ООО «Джой Глобал», которая выпускает автоматизированные системы управления для горношахтного оборудования. Во встроенном в эту систему местном переносном пульте управления ПУ2, не прерывая технологический процесс осуществляется передача информации на пульт оператора на земной поверхности.

Выводы.

1) Одним из вариантов повышения промышленной безопасности угольных шахт и снижения риска возникновения опасных для персонала аварий и инцидентов является разработка и строительство роботизированных угольных шахт, обеспечивающих отсутствие человека в опасных зонах и выполнение им функций оператора, управляющего дистанционно роботизированными техническими средствами при проведении выработок, выемке угля, транспорте горной массы до магистральных выработок.

2) Основными отличиями роботизированной угольной шахты по сравнению с традиционной являются:

- исключение присутствия работников в очистных и подготовительных забоях посредством дистанционного управления роботизированными техническими средствами выемки угля из операторских пунктов, расположенных вне опасных для человека зонах;

- выполнение основных операций выемки угля в метановоздушной среде при активном пылеподавлении с подачей технологической воды на органы разрушения угля; гидротранспорт горной массы с подземным циклом обезвоживания горной массы, освещением воды и утилизацией отходов в выработанном пространстве;

3) Обязательными элементами конструкции выемочного робота являются следующие основные узлы: корпус, ходовая часть, исполнительный орган разрушения угля, управляемое перекрытие, рукава и соединения для передачи и приёма информации, подающий и энергопроводящий ставы, система дистанционного и автоматизированного управления.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта 18-45-420003 р\_а и по соглашению № 17 от 24-07-2018.*

#### Библиографический список

1. Фрянов В.Н. Научные основы подземной технологии роботизированной выемки угля [Текст]/В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова//Наукоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб.науч. статей. Новокузнецк: 2011. – С. 39-49.

УДК 622.817

### **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДЕГАЗАЦИИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТА Е-5 В УСЛОВИЯХ ООО «ШАХТА «ОСИННИКОВСКАЯ»**

**Борzych Д.М., Никитина А.М., Риб С.В., Ларин М.К.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: 25borz@rambler.ru*

В данной статье рассмотрены современные методы дегазации. Обоснована схема дегазации пласта Е-5 в условиях ООО «Шахта «Осинниковская».

Ключевые слова: газообильность выработок, дегазация, метан, газовыделение.

При разработке угольных пластов газообильность выработок является одним из основных факторов, ограничивающих нагрузку на очистной забой и снижающих скорость проведения подготовительных выработок. С увеличением глубины ведения горных работ газообильность выемочных участков возрастает. Даже с подачей максимального количества воздуха не всегда обеспечивается снижение содержания метана до предельно допустимых концентраций. Поскольку резкое увеличение количества подаваемого на выемочный участок воздуха в условиях действующих шахт невозможно, задача уменьшения газовыделения решается только дегазацией [1].

Дегазация шахт применяется для уменьшения поступлений метана из угольных пластов и пород в горные выработки и облегчает проветривание шахты, полностью прекращает или значительно снижает простои выемочных (добычных) участков из-за загазирования выработок; позволяет применять в газовых шахтах электроэнергию вместо менее эффективной пневматической энергии; повышает производительность труда рабочих и безопасность ведения горных работ в газовых шахтах и при определенных условиях предотвращает полностью или частично (снижает интенсивность) необычные газопроявления - суфляры, внезапные выбросы угля и газа [2,5, 6].

Но вследствие малого объема дегазационных работ и недостаточной эффективности схем дегазации на многих шахтах России сохраняется газовый барьер, препятствующий достижению высоких скоростей проведения выработок и больших нагрузок на очистные забои.

В настоящее время на ООО «Шахта «Осинниковская» разрабатывается пласт Е-5. Исходя из того, что пласт залегает на довольно большой глубине, имеется большая протяженность горных выработок, движение воздуха по которым ограничено их сечением и максимально допустимой скоростью, резкое увеличение подаваемого на выемочный участок воздуха за счет установки дополнительных вентиляторов невозможно и задача уменьшения газовыделения может быть решена только дегазацией. Применение эффективных схем дегазации в условиях ООО «Шахта «Осинниковская» позволит снизить газовыделение на 30-50 %, повысить безопасность работ.

Анализируя существующие способы дегазации угольных пластов, установлено, что наиболее перспективным является способ дегазации пласта перекрещивающимися скважинами. Способ основан на эффекте разгрузки угольного массива вблизи скважин в местах их пересечения, где образуются две системы пересекающихся трещин. Повышенное трещинообразование обеспечивает хорошую аэродинамическую связь между сериями скважин, пробуренных под определенным углом друг к другу. В результате происходит равномерная дегазация угольного массива. В зоне влияния очистного забоя пересекающиеся трещины интенсивно развиваются, что способствует еще большей степени дегазации пласта. Эффективность дегазации при этом составляет 50-60%.

В зарубежных странах имеется значительный опыт по снижению выделения метана в горные выработки шахт за счет дегазации угольных пластов через скважины, пробуренные с земной поверхности или из подземных выработок (США, КНР, ФРГ, Великобритания, ЮАР, Польша и др.) [4].

Рассматриваемый пласт Е-5 имеет довольно высокую газообильность. Абсолютное газовыделение составляет до 20 м<sup>3</sup>/мин., относительное – до 16 м<sup>3</sup>/т, а пластов-спутников 12-14 м<sup>3</sup>/мин. Поэтому для обеспечения безопасности ведения горных работ и достижения высоких нагрузок на очистной забой рекомендуется проводить комплексную дегазацию, которая включает предварительную дегазацию выемочного столба скважинами, пробуренными из подготовительных выработок в плоскости пласта [1].

Способ применяется как для дегазации подготовительных выработок, так и выемочных участков. Дегазацию пласта Е-5 рекомендуется осуществить перекрещивающимися скважинами.

Для бурения глубоких дегазационных и иных скважин рекомендуется использовать буровые станки фирмы Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH (Австралия), которые зарекомендовали себя с наилучшей стороны (маневренность, легкость в управлении, мобильность) и имеют широкое применение на шахтах Распадской угольной компании [3]. Буровые станки dh DL5,



применяются для бурения различных скважин как в проходческих забоях (скважины барьерной дегазации и разгрузки), так и в остальных выработках (скважины пластовой дегазации, технические скважины для спуска воды и т.д.). Буровые станки VLD 1000 предназначены для проведения направленного и роторного бурения в пласту в угольных шахтах с целью дегазации, водоотведения, разведки и исследования (рисунок 1).



Рисунок 1 – Станок направленного бурения VLD Серии 1000

Таким образом, комплексная дегазация выемочного столба скважинами направленного бурения, перекрещивающимися скважинами и отвод газа из скважин на поверхность при помощи устанавливаемых на поверхности вакуум-насосов типа ВВН2-150 позволит обеспечить:

- снижение объемов и концентрации метана, поступающего в вентиляционную выработку на 60-80 %;
- устойчивое проветривание концевых участков лав;
- безопасное по газовому фактору ведение горных работ во время первичного обрушения основной кровли посредством снижения газовыделения из зон расслоения в подработанной или надработанной толще;
- уменьшение концентрации метана вблизи добычной машины в период ее работы;
- снижение выбросоопасности пласта;
- повышение производительности труда;
- повышение экологической безопасности производства;
- повышение безопасности ведения горных работ.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта 18-45-420003 р\_а и по соглашению № 17 от 24-07-2018*

## Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – Москва: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2014. – 200 с.

2. Исследование влияния дизъюнктивных нарушений на состояние массива горных пород в окрестности подготовительной выработки / В.В. Басов, С.В. Риб, А.М. Никитина // Вестник СибГИУ: сб. науч. ст. – Новокузнецк, 2016. – № 1 (15). С. 17-20.

3. Никитин А.И. Универсальный автоматизированный учет измерения длины дегазационных скважин / А.И. Никитин, С.В. Риб, А.М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Вып. 22. Часть II. Естественные и технические науки. / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – С. 80–83.

4. Домрачев А.Н. Выбор и обоснование алгоритма моделирования работы длинного очистного забоя с учетом влияния неравномерности метановыделения / А.Н. Домрачев, С.В. Риб, А.М. Никитина // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 1 (19). - С. 44-45.

5. Борзых Д.М. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на ОАО «Шахта имени В.И. Ленина» / Д.М. Борзых, А.М. Никитина, С.В. Риб // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2015 г. Вып. 19. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – С. 26–28.

6. Найданова А.В. Повышение эффективности дегазации путем увеличения газоотдачи угольного пласта / А.В. Найданова, С.В. Риб, А.М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2014 г. Вып. 18. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2014. – С. 18–21.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ  
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ДЕГАЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ  
ООО «ШАХТА «УСКОВСКАЯ»**

**Борzych Д.М., Никитина А.М., Риб С.В., Волошин В.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: 25borz@rambler.ru*

В данной статье рассмотрен метод направленного бурения как современный способ дегазации. Разработаны технические и технологические решения по совершенствованию дегазации для условий ООО «Шахта «Усковская».

Ключевые слова: газообильность выработок, дегазация, метан, газовыделение, направленное бурение.

Применяемая техника и технология добычи угля на шахтах позволяют достигать высоких нагрузок на лаву. Однако в этом случае резко обостряются проблемы воспроизводства фронта очистных работ и безопасности, т.к. практически исчерпаны возможности вентиляции. Производительность лав оснащенных высокопроизводительным оборудованием в основном ограничивается только по газовому фактору. Для снижения количества метана в очистном забое применяется ряд мер. Такими мерами является дегазация. Все это требует перехода на качественно новый уровень ведения работ по дегазации угольных шахт [1-4].

Для ООО «Шахта «Усковская»», разрабатывающей угольные пласты при углублении горных работ и повышении их природной газоносности, крайне актуальным является устранение отрицательного влияния «газового фактора» на основе обоснованного выбора и эффективной реализации способов дегазации угольных пластов при их интенсивной отработке.

Основными средствами борьбы с метаном на ООО «Шахта «Усковская»» являются: эффективное проветривание горных выработок по надежной устойчивой схеме и мероприятия по снижению газообильности очистных и подготовительных забоев.

Необходимость выполнения этой работы состоит в том, что при увеличении глубины горных работ, газообильность выемочных участков возрастает, следствием чего является повышение уровня аварийности на угольных шахтах. В настоящее время около 25 % шахт имеют абсолютную газообильность более 50 м<sup>3</sup>/мин, более половины шахт отнесены к сверхкатегорным и опасным по внезапным выбросам угля и газа.

В этой связи актуальным является исследование существующих и разработка новых способов и средств дегазации угольных шахт при ведении горных работ.

В настоящее время на ряде горных предприятий выполняются мероприятия по комплексной дегазации. Они включают в себя (рисунок 1): дегазацию пласта, дегазацию выработанного пространства скважинами с поверхности, отвод метановоздушной смеси через целик и дегазацию выработанного пространства скважинами с параллельного штрека.

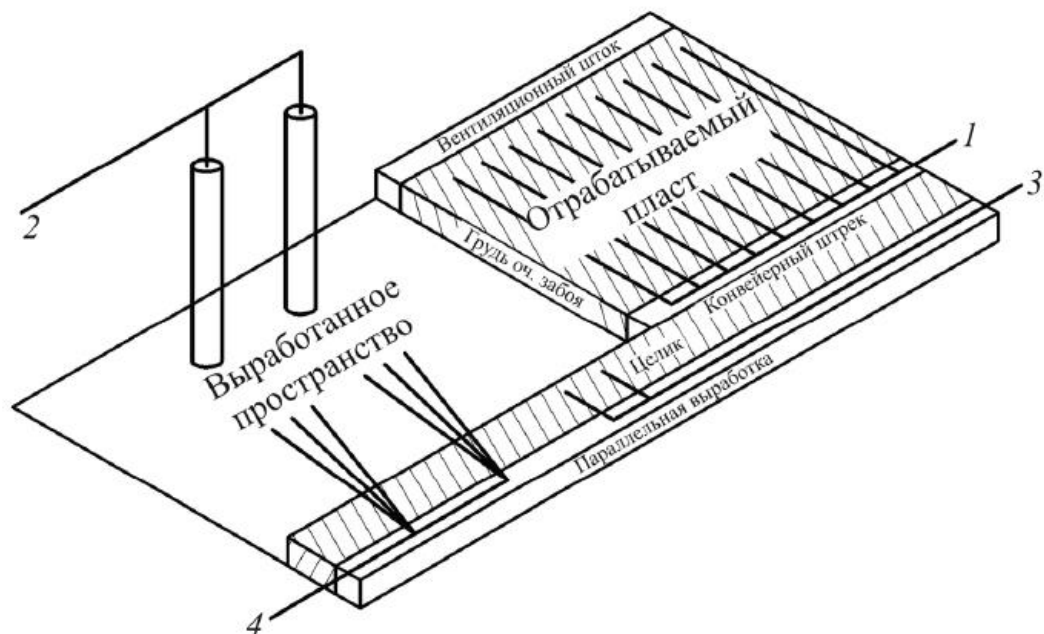


Рисунок 1 - Комплексная дегазация выемочного участка: 1 - дегазация отрабатываемого пласта, 2 - дегазация скважинами с поверхности, 3 - отвод метановоздушной через целик, 4 - дегазация выработанного пространства с параллельного штрека

В условиях высоких темпов ведения подготовительных работ и больших скоростей подвигания очистных забоев зачастую не удается выдержать даже минимально нормативных сроков функционирования скважин (180 суток), а тем более обеспечить их более длительную работу в дегазационной сети. В результате этого скважины вскрываются ранее положенного срока и эффект дегазации не достигает желаемого уровня. Подобная ситуация складывается, как правило, при традиционных схемах дегазации угольных пластов скважинами, пробуренными из подземных выработок по восстанию или падению пласта. При дальнейшем росте нагрузок на очистной забой, когда газовый фактор становится реальным барьером для повышения производительности высокотехнологичной выемочной техники, возникает необходимость поиска новых технологий дегазации угольных пластов и выработанных пространств, обеспечивающих более полное извлечение метана на стадии подготовки выемочных полей к отработке. В последнее время шахты начали приобретать буровые станки направленного бурения для улучшения показателей дегазации [5].

В зарубежных странах имеется значительный опыт по снижению вы-

деления метана в горные выработки шахт за счет скважин направленного бурения (США, КНР, ФРГ, Великобритания, ЮАР, Польша и др.) [6].

Для бурения скважин различного назначения отечественная и зарубежная промышленность выпускает целый ряд станков для условий шахт. Ассортимент современной буровой техники для направленного бурения в шахтных условиях постоянно расширяется.

Для бурения глубоких дегазационных и иных скважин рекомендуется использовать буровые станки фирмы Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH (Австралия), которые зарекомендовали себя с наилучшей стороны (маневренность, легкость в управлении, мобильность).

Применение направленного бурения позволяет обуривать до 1,5 км длины выемочного столба, при этом обуривание этого участка производится из одной точки (промежуточного штрека), что позволяет значительно уменьшить время на транспортирование бурового станка.

Принцип направленного бурения заключается в следующем: во время бурения штанги используются только для подачи воды на забойный двигатель и корректировки направления бурения, а вращение буровой коронки происходит только за счет вращения забойного двигателя. Поворот бурового снаряда происходит из-за смещения оси снаряда относительно линии буровых штанг (рисунок 2).



Рисунок 2 - Схема снаряда для направленного бурения скважин по углю

На ООО «Шахта «Усковская» имеется большая протяженность горных выработок, движение воздуха по которым ограничено их сечением и максимально допустимой скоростью, резкое увеличение подаваемого на выемочный участок воздуха за счет установки дополнительных вентиляторов невозможно и решение задачи по уменьшению газовыделения предлагается с помощью направленного бурения дегазационных скважин.

Для проведения дегазации при подготовке нового выемочного столба по пласту 50 с помощью станка направленного бурения на ООО «Шахта «Усковская»» предлагается следующая схема (рисунок 3).

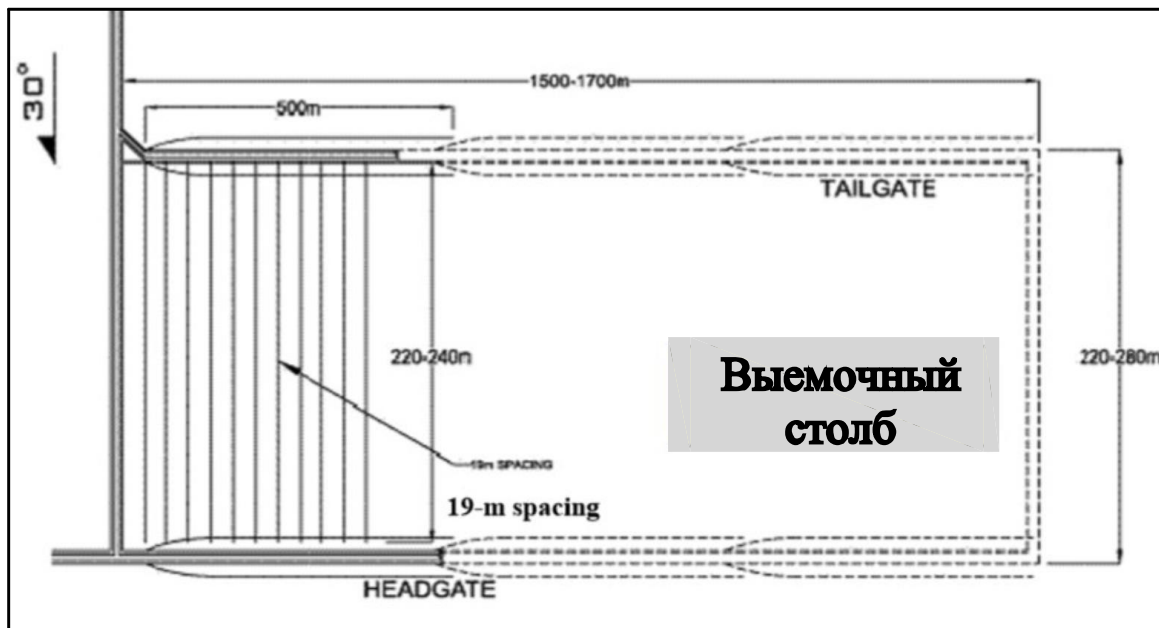


Рисунок 3 - Схема расположения дегазационных скважин, сооружаемых станком направленного бурения

Предлагаемая схема расположения дегазационных скважин при подготовке нового выемочного столба по пласту 50 с помощью станка направленного бурения на ООО «Шахта «Усковская»» снизит выделение метана в атмосферу горных выработок на 15-20 % (мировой опыт до 35 %).

Таким образом, совершенствование дегазации с использованием технологии направленного бурения позволит увеличить нагрузку на очистной забой и повысит безопасность производственных процессов.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта 18-45-420003 p\_a и по соглашению № 17 от 24-07-2018*

#### Библиографический список

1. Дегазация газа метана из угольных пластов и вмещающих пород на шахтах Кузбасса. История. Действительность. Будущее // А.В. Ремезов [и др.] Кемерово:, 2012. -848с.

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. – Москва: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2014. – 200 с.

3. Найданова А.В. Повышение эффективности дегазации путем увеличения газоотдачи угольного пласта / А.В. Найданова, С.В. Риб, А.М. Никитина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 13–15 мая 2014 г. Вып. 18. Ч. 2 : Технические науки / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под

общ. ред. М. В. Темлянцева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2014. – С. 18–21.

4. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Выпуск 22. – М.: ЗАО Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2012. – 250 с.

5. Исследование влияния дизъюнктивных нарушений на состояние массива горных пород в окрестности подготовительной выработки / В.В. Басов, С.В. Риб, А.М. Никитина // Вестник СибГИУ: сб. науч. ст. – Новокузнецк, 2016. – № 1 (15). С. 17-20.

6. Твердов, А.А., Никишичев С.Б., Яновский А.Б., Скрыль, А.И. Тенденции повышения безопасности на угольных шахтах с особо опасными горно-геологическими условиями // Уголь. -2017. -№3. С. 4-8.

7. Забурдяев В.С. Зарубежный опыт промысловой добычи угольного метана / В.С.Забурдяев // Уголь. - 2003. - №2. – С. 21-24.

## II. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.762

### ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ГОРЕНИЯ В САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕМСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ СИНТЕЗЕ

Балачков М.М., Пермикин А.А

Научный руководитель: ассистент ОЯТЦ ИЯШТ Чурсин С.С.

*НИ Томский политехнический университет, Томск, e-mail: mmb2@tpu.ru*

В работе представлена математическая модель протекания самораспространяющегося высокотемпературного синтеза на основе численного решения нестационарного неоднородного уравнения теплопроводности с подвижным источником тепла.

Ключевые слова: СВС, математическая модель, функциональные материалы.

В настоящее время в качестве топлива для ядерных реакторов применяют диоксид урана ( $UO_2$ ). Данное соединение имеет ряд недостатков такие как: слабая радиационная стойкость, вызывающая преждевременное разрушение материала; малый коэффициент теплопроводности при рабочих температурах ( $\lambda = 8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ), следствием чего является большой градиент температур в топливной таблетке (до  $200 \text{ К/мм}$ ), что также отрицательно влияет на её прочность [1].

Одним из способов решения данной проблемы является использование дисперсионного ядерного топлива. Дисперсионное топливо представляет собой однородное по составу вещество, в котором содержится две фазы: ядерное топливо и неделяющаяся матрица. Расстояние, проходимое осколками деления, измеряется микрометрами, что накладывает условия на размер топливных частиц и расстояние между ними. Если топливные частицы будут находиться на расстоянии большем, чем длина пробега осколков деления, то можно говорить, что все радиационные повреждения накапливаются в неделящемся материале, а матрица остаётся неповреждённой. К тому же, материал матрицы выбирают с большим коэффициентом теплопроводности, что уменьшает градиент температур в топливе.

Обычно дисперсионное топливо изготавливается традиционными методами порошковой металлургии [1], но они имеют несколько недостатков: сложное технологическое оборудование и невозможность управления свойствами конечного материала.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – это



технология, основанная на синтезе необходимых соединений с помощью экзотермических реакций, протекающих в шихте [2]. Данная технология имеет ряд преимуществ перед традиционными методами порошковой металлургии: малое потребление энергии на подогрев системы из-за использования энергии химических реакций; высокая скорость синтеза веществ; сгорание примесных добавок в процессе синтеза, а так же простота аппаратного исполнения [2]. Однако существуют сложные зависимости фазообразования от температуры протекания реакции, величины градиента температур в шихте, давления прессования шихты и т.п. [2].

Для предсказания свойств синтезируемых материалов необходимо построить математическую модель протекания СВ-синтеза. Так как СВС процессы связаны с теплопроводностью, то для описания системы можно воспользоваться уравнением теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - \alpha^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = f(x, y, z, t), \quad (1)$$

где  $u = u(x, y, z, t)$  – функция температуры;  
 $\alpha$  – коэффициент температуропроводности;  
 $f(x, y, z, t)$  – функция тепловых источников.

Так как в СВС протекают химические реакции необходимо учитывать дополнительное выделение энергии. Механизм протекания химических реакций имеет автоволновой характер, что усложняет функцию тепловых источников. К тому же в процессе синтеза образуются вещества с новыми физико-химическими свойствами. Вследствие этого уравнение (1) нельзя решить аналитически, следовательно, необходимо применение численных методов.

Для задания сеточной функции цилиндрического образца использовалась декартова система координат с точками находящимися на одинаковом расстоянии от соседних точек (рисунок 1).

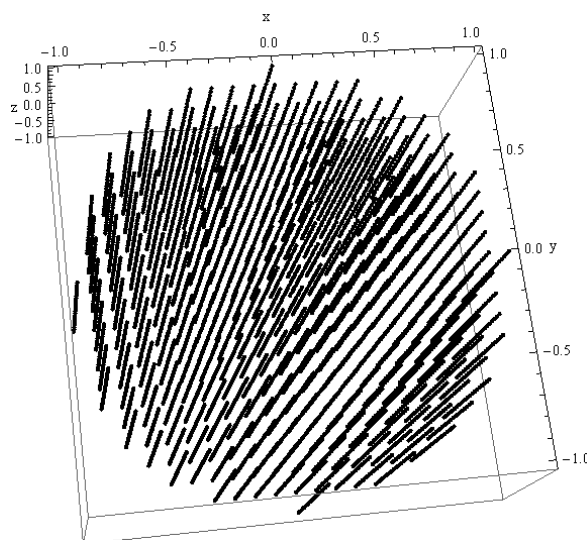


Рисунок 1 – Сеточная функция

Для имитации волны горения использовался подвижный источник тепла с постоянной скоростью распространения по образцу. Результаты моделирования приведены на рисунке 2.

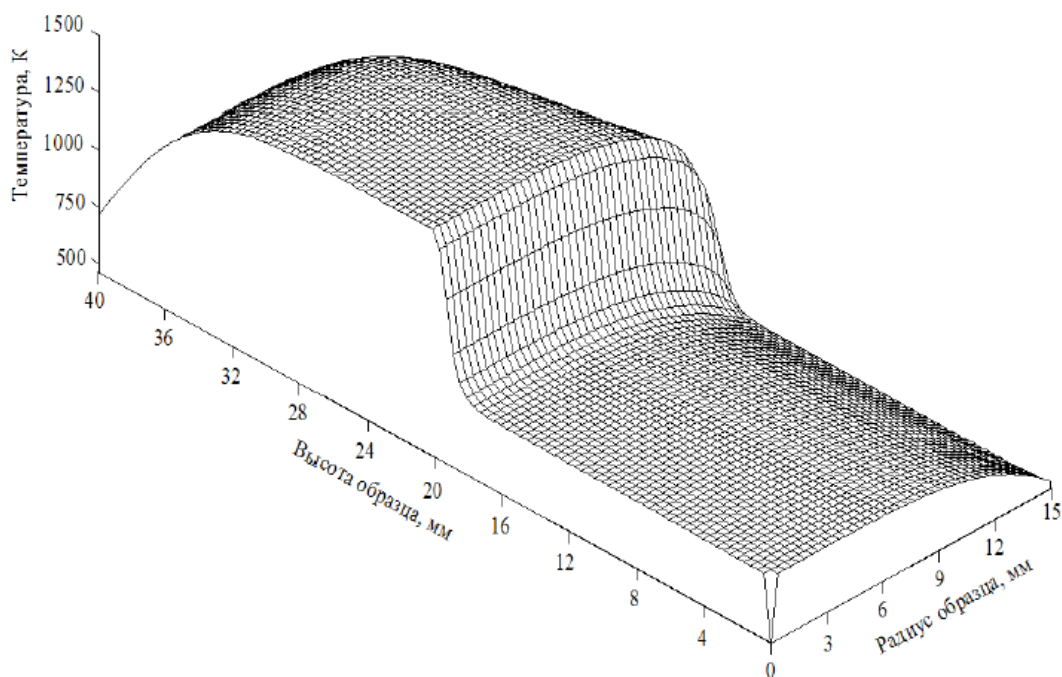


Рисунок 2 – Распространение волны горения в образце

Из рисунка 2 видно, что с помощью построенной модели можно определять температуру протекания синтеза, влияющую на конечные продукты химических реакций. А также градиент температур, возникающий между фронтом волны горения и непрореагировавшим веществом, что помогает определять термические напряжения в образце.

#### Библиографический список

1. Бойко В.И. Топливные материалы в ядерной энергетике: учебное пособие / В.И. Бойко, Г.Н. Колпаков, О.В. Селиваникова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 186 с.
2. Амосов А.П. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов: учебное пособие / А.П. Амосов, И.П. Боровинская, А.Г. Мержанов. – М.: Машиностроение–1, 2007. – 471 с.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ В ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ К НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ**

**Бабичев В.А.**

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Ганзер Л.А.,  
канд. техн. наук Калиногорский А.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: babichev\_va@mail.ru*

Рассмотрено совершенствование внепечной обработки рельсовой стали с использованием карбида кальция для снижения уровня содержания кислорода и загрязненности металла неметаллическими включениями. Выполнен сравнительный анализ технологических параметров опытных и плавов текущего производства, который показал, что при применении карбида кальция можно снизить расход ферросплавов и извести, повысить эффективность десульфурации и снизить окисленность шлака.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, рельсовая сталь, внепечная обработка, карбид кальция, плавиковый шпат, десульфурация, кислород, неметаллические включения.

Основным направлением совершенствования внепечной обработки для подготовки рельсовой стали к непрерывной разливке является повышение ее чистоты по неметаллическим включениям и снижение содержания кислорода, что продиктовано необходимостью выполнения жестких требований нормативной документации к качественным характеристикам готовых рельсов.

Поскольку в процессе внепечной обработки полное удаление неметаллических включений является труднореализуемой задачей, снижение окисленности стали перед раскислением является крайне важным фактором, позволяющим уменьшить количество включений, образующихся при раскислении. В этой связи предлагается использование карбида кальция, который, являясь восстановителем, снижает окислительный потенциал металла и шлака, угар раскислителей и количество неметаллических включений.

Известно, что до присадки раскислителей, карбид кальция ( $\text{CaC}_2$ ) вступает в реакцию с кислородом жидкой стали, образуя при этом  $\text{CO}$  и  $\text{CaO}$ . После присадки раскислителей  $\text{CaC}_2$  разлагается в результате чего происходит науглероживание, а не раскисление металла. Данное обстоятельство было учтено при разработке опытной технологии производства рельсовой стали с применением карбида кальция.

В соответствии с развиваемыми положениями проведено несколько опытных плавов рельсовой стали марки Э76ХФ для производства рельсов типа Р65 категории ДТ350. Присадку карбида кальция производили в ковш

при выпуске металла из дуговой сталеплавильной печи в количестве 400 ÷ 408 кг/плавку непосредственно в стальных герметичных барабанах, перед отдачей материала в крышках последних были проделаны отверстия. Присадку коксовой пыли УСТК, ферросплавов и ТШС производили следом за присадкой карбида кальция по установленной технологии. При этом количество извести в составе ТШС было снижено и составило в среднем 464,4 кг. Количество плавикового шпата увеличено до 107-124 кг/плавку по сравнению с текущей технологией для обеспечения формирования жидкоподвижного гомогенного шлака. В остальном, технология внепечной обработки и разливки стали соответствовала установленным требованиям.

Результат применения карбида кальция оценивался по достигнутым качественным характеристикам готового проката и, прежде всего, по загрязненности рельсовой стали неметаллическими включениями и содержанию кислорода.

Содержание кислорода общего составляло в среднем 0,00112%, кислорода в высокоглиноземистых оксидных включениях – 0,00034%, что не превышает предельных значений требований Регламента (0,00170 и 0,00070 %) соответственно.

Средняя длина строчек глобулярных и вытянутых включений в металле рельсов опытных плавов составила 11,77 мкм, загрязненность рельсов строчками глобулярных и вытянутых включений составляет 0,19 мкм<sup>2</sup>/мм<sup>2</sup> и не превышает предельных значений требований Регламента (110 мкм и 5,13 мкм<sup>2</sup>/мм<sup>2</sup> соответственно). Отдельные глобулярные включения в исследуемом металле не выявлены.

Остальные качественные характеристики (механические свойства при растяжении, ударная вязкость, твердость рельсов) соответствуют требованиям для рельсов категории ДТ350. Рельсы опытных плавов выдержали двойные копровые испытания без излома и признаков разрушения. Макро- и микроструктура рельсов удовлетворительная.

Сравнительный анализ ряда технологических параметров опытных плавов и плавов текущего производства показал, что усвоение Mn и Si на плавках с карбидом кальция несколько выше, как на выпуске, так и сквозное. При применении карбида кальция получено снижение расхода ферросплавов, извести и углеродсодержащих материалов:

коксовая пыль УСТК	- на 1,460 кг/т,
коксовая мелочь	- на 0,375 кг/т,
силикомарганец	- на 0,694 кг/т,
ФС65	- на 2,127 кг/т,
Известь	- на 3,631 кг/т.

На опытных плавках отмечена высокая эффективность карбида кальция как шлакообразующего компонента: он превращает окислительный шлак в восстановительный, при этом повышается основность шлака и степень десульфурации.

Таким образом, при применении карбида кальция можно снизить расход ферросплавов и извести, одновременно повысить эффективность десульфурации, а также снизить окисленность шлака.

По результатам расчета дополнительные затраты при использовании карбида кальция составили 32,504 руб/т стали и обусловлены высоким расходом карбида кальция и его стоимостью.

Основываясь на опыте применения карбида кальция на аналогичных металлургических предприятиях и трубных заводах, расход карбида кальция может быть снижен минимум на 1 кг/т при одновременном снижении расхода плавикового шпата, что позволит компенсировать дополнительные издержки.

Что касается технологичности опробованного способа ввода карбида кальция, то представляется целесообразным отказаться от практики применения материала в металлической упаковке. Металлическая тара отнимает физическое и химическое тепло карбида кальция в зоне его реакции, увеличивает продолжительность обработки, при этом сохраняется вероятность закупорки тары ошлакованием. Медленное и частичное плавление тары препятствует быстрому рассыпанию карбида кальция на поверхности шлака.

Предпочтительным является использование полиэтиленовых пакетов (при оптимальной массе пакета, как правило, 10-12 кг), что также позволяет подавать карбид кальция автоматически посредством конвейера на выпуске из дуговой сталеплавильной печи и/или на агрегате ковш-печь присаживая одновременно в две локальные зоны интенсивного перемешивания.

УДК 699.18:621.746.5

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В ККЦ №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК»**

**Ермолаев П.С.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук Калиногорский А.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Ermolaev\_PS@mail.ru*

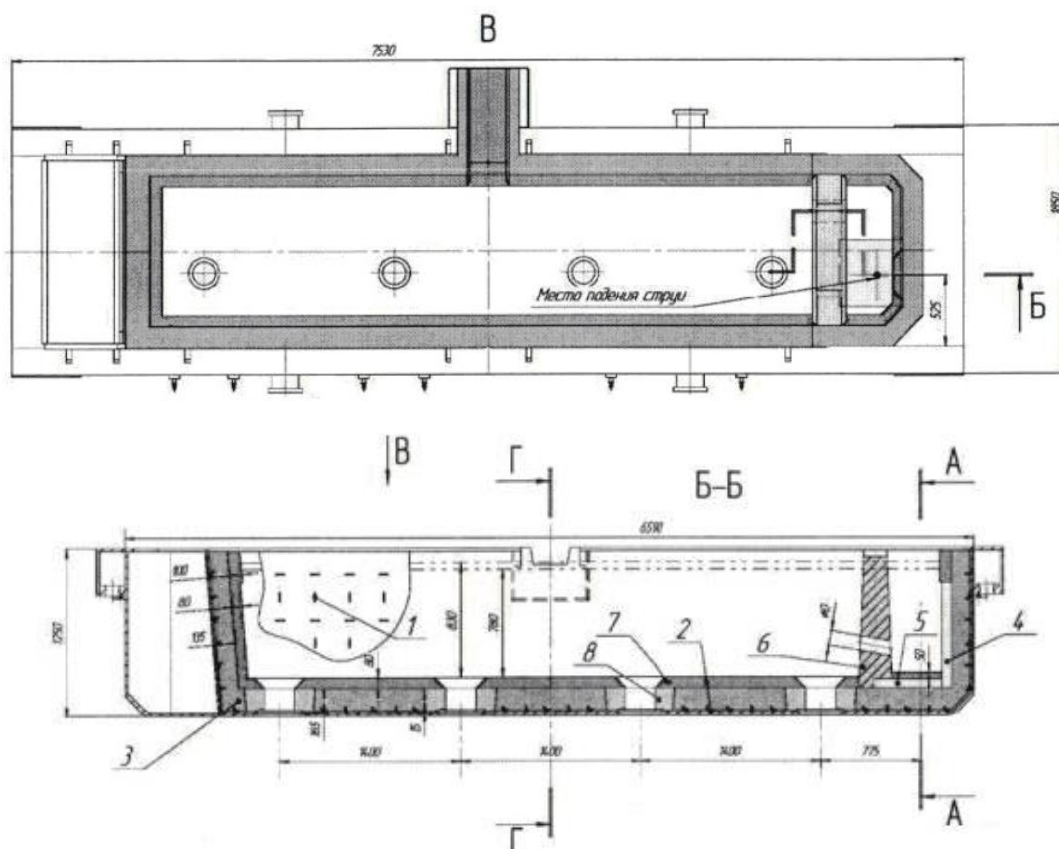
Проанализированы основные тенденции совершенствования конструкции промежуточного ковша сортовой МНЛЗ: применение металлоприемников, использование специальных порогов, установка фильтрационных перегородок и оснащение агрегата специальным оборудованием для подачи перемешивающего агента.

Ключевые слова: непрерывная разливка, промежуточный ковш, рафинирование, гидродинамика, флотация, неметаллические включения.

Промежуточный ковш является одним из важнейших технологических

элементов при непрерывной разливке стали. Функционирование промежуточного ковша в процессе разливки в значительной степени определяет устойчивость и стабильность процесса разливки на МНЛЗ в целом. Основное назначение промежуточного ковша заключается в приеме металла из сталеразливочного ковша, его усреднение и перелив в кристаллизатор. Промежуточный ковш обеспечивает возможность разливки металла сериями, что повышает производительность процесса и снижает количество отходов [1].

Восьмиручьевая сортовая МНЛЗ типа 3ВЛС1208 криволинейного типа с радиальным кристаллизатором и 2-мя точками разгиба АО «ЕВРАЗ ЗСМК» предназначена для разливки различных марок стали на заготовки сечением 150×150 мм и 150×200 мм. Её промежуточный ковш представляет собой сварной корпус, футерованный внутри огнеупорными изделиями и материалами (рисунок 1).



- 1 – анкер, 2 – теплоизоляционный торкретбетон, 3 – огнеупорный арматурный бетон,  
 4 – защитная плита, 5 – бойная плита, 6 – перегородка, 7 – торкретмасса,  
 8 – набивная масса

Рисунок 1 – Промежуточный ковш сортовой МНЛЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

В промежуточном ковше сортовой МНЛЗ выполняются технологические операции по дополнительному рафинированию металла и обработке шлакообразующими смесями. При этом эффективность процесса в значительной степени определяется геометрическими параметрами промежуточного

ковша, формирующими гидродинамику металла в процессе разливки стали.

Обобщая данные известных исследований [2–5], следует отметить, что в промежуточном ковше необходимо контролировать процесс течения жидкого металла и устанавливать оптимальный уровень симметричности и динамики перемещения потоков в жидкой ванне. Решение таких задач безусловно требует совершенствования внутренней конфигурации промежуточного ковша, что позволит интенсифицировать трансформацию турбулентной кинетической энергии в зоне притока металла. Как следствие, в жидкой ванне промежуточного ковша увеличивается объем зон с квазиламинарным движением потоков и уменьшается доля так называемых «мертвых» зон, что способствует флотации неметаллических включений, а также усреднению стали по химическому составу и температуре.

В целом можно выделить следующие конструктивные подходы по оптимизации течения металла в жидкой ванне промежуточного ковша сортовой МНЛЗ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»:

- применение металлоприемников специальной геометрической формы, обеспечивающих торможение струи, падающей из сталеразливочного ковша;
- использование специальных порогов и перегородок, обеспечивающих направленное движение потоков стали от металлоприемника к стакану-дозатору;
- установка фильтрационных перегородок, обеспечивающих направленное движение потоков жидкой стали и улавливание неметаллических включений;
- оснащение промковша продувочными блоками, которые обеспечивают вдувание аргона, что способствует флотации неметаллических включений.

Применение металлоприемников, обеспечивающих торможение падающей из сталеразливочного ковша струи, в настоящее время является практически обязательным элементом промежуточного ковша.

Применение специальных порогов, расположенных на днище промежуточного ковша, и перегородок в верхней его части обеспечивает направленное движение металла и удаление неметаллических включений

Применение продувочных блоков в промежуточном ковше позволяет снизить загрязненность металла неметаллическими включениями. Вопросы организации рациональных режимов продувки металла аргоном требуют дополнительного исследования с целью наиболее полного использования энергии вдуваемого газа для конкретных условий обработки металла.

#### Библиографический список

1. Протопопов Е.В. Конвертерное производство стали: состояние, доминирующие тенденции, прогнозы / Е.В. Протопопов, С.Н. Кузнецов, С.В. Фейлер [и др] // Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XX Международной научно-практической конференции – Новокузнецк. – 2017. – С. 4 – 9.

2. Валуев Д.В. Технологический процесс разлива стали: учебное пособие / Д.В. Валуев. – Томск, ЮТИ ТПУ, 2011. – 256 с.

3. Смирнов А.Н. Непрерывная разливка стали: учебник / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепа. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.

4. Дюдкин Д.А. Производство стали: Том 4. Непрерывная разливка металла / Д.А. Дюдкин, В.В. Кисиленко, А.Н. Смирнов. – М.: Теплотехник, 2009. – 528 с.

5. Вдовин К.Н. Рафинирование стали в промежуточном ковше МНЛЗ: монография / К.Н. Вдовин, М.В. Семенов, В.В. Точилкин. – Магнитогорск: «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006. – 118 с.

УДК 669.18.046

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МЕТАЛЛА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ В ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК»**

**Заборский И.В.**

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Ганзер Л.А.,  
канд. техн. наук Калиногорский А.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: zaborский\_iv@mail.ru*

Проанализированы технологические мероприятия для снижения уровня содержания кислорода в рельсовой электростали и ее загрязненности неметаллическими включениями. Показана целесообразность корректировки режимов продувки металла на вакууматоре и агрегате ковш-печь, а также совершенствования шлакового режима и раскисления металла в процессе выпуска и внепечной обработке.

Ключевые слова: сталеразливочный ковш, рельсовая сталь, вакуумирование, кислород, неметаллические включения, алюминаты кальция, продувка металла, шлаковый режим.

С каждым годом требования к качеству продукции неуклонно повышаются, что связано с увеличением грузопотоков и необходимостью повышения безопасности перевозок. При этом наиболее существенными факторами, влияющими на эксплуатационную стойкость рельсов, являются уровень содержания кислорода, водорода и неметаллических включений в металле. Определено, что кислород, связанный в хрупкоразрушенные оксидные включения, представляет наибольшую опасность с точки зрения образования контактно-усталостных дефектов в процессе эксплуатации рельсов и по рекомендациям ВНИИЖТ и ИМЕТ РАН им. Байкова не должен превы-



шать 10 ppm. Исследования, проведенные на АО «ЕВРАЗ ЗСМК», выявили существенную зависимость длины строчек неметаллических включений от массовой доли кислорода в стали.

Уровень содержания кислорода предопределяет характер и тип неметаллических включений. Так при содержании кислорода в готовых рельсах менее 25 ppm встречаются в основном строчки хрупкоразрушенных алюминатов кальция ( $\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ ). Максимальная длина включений при таком содержании кислорода не превышает 10 мкм. Уровень загрязненности стали алюминатами кальция оценивается в среднем не более 1 балла по шкале ГОСТ 1778-70. Несмотря на исключение из технологии раскисления материалов, содержащих алюминий, частицы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в строчках неметаллических включений присутствуют в связи с применением ферросплавов, содержащих более 1 % алюминия.

Нормативная документация на производство рельсовой продукции предусматривает ужесточение требований норм по уровню содержания кислорода. Кроме того, предусматривается освоение производства рельсовой продукции, соответствующей требованиям европейских стандартов (EN 13674-1:2011), что выводит её производство на качественно новый более высокий уровень.

Совершенствование технологии производства рельсовой стали должно предусматривать получение стали с более низким уровнем содержания кислорода и неметаллических включений.

Проведенная в ЭСПЦ работа по совершенствованию технологических режимов выплавки, раскисления, внепечной обработки и вакуумирования рельсовой стали в полном объеме позволила существенно улучшить положение в отношении содержания в рельсах общего кислорода и загрязненности неметаллическими включениями: количество рельсовых плавов, удовлетворяющих норме по содержанию общего кислорода не более 20 ppm, возросло с 11 % до 100 % (рисунок 1).

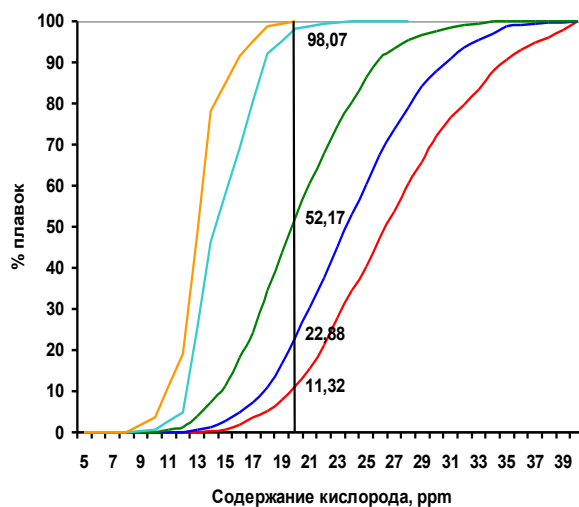


Рисунок 1 – Содержание кислорода

Наиболее существенное влияние на снижение содержания общего кислорода и загрязненности рельсов неметаллическими включениями оказали переход на выплавку стали с пониженным содержанием углерода на выпуске и отказ от использования силикокальция при раскислении стали.

Одновременно было достигнуто и снижение содержания алюминия в стали, как за счет исключения алюминия, вносимого силикокальцием, так и за счет устранения «экранирующего» влияния кальция (рисунок 2).

Снижение содержания кислорода общего привело к уменьшению средней длины строчек хрупкоразрушенных оксидных включений.

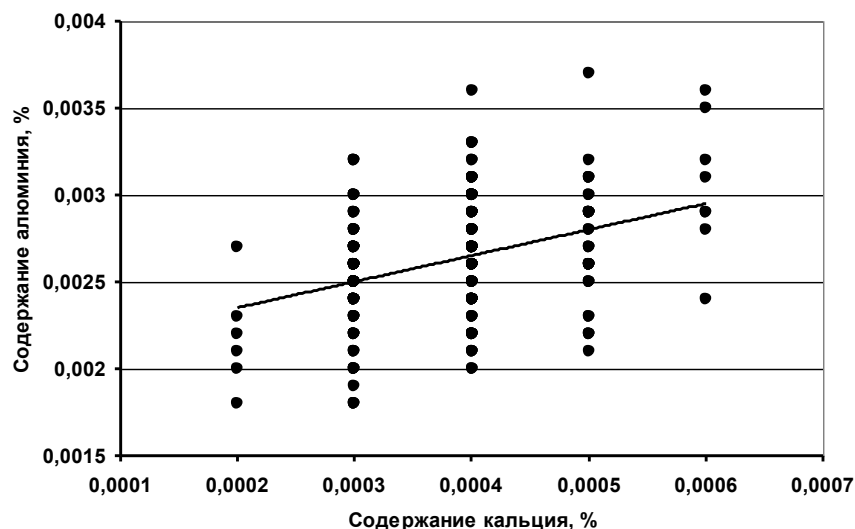


Рисунок 2 – Содержание кальция и алюминия в рельсовой стали

Максимальная длина строчек в отчетный период составила 0,66 мм против 1,45 мм. При этом средняя длина строчек в указанные периоды составила 0,045 мм против 0,264 мм соответственно, а количество плавок без строчек хрупкоразрушенных оксидов увеличилось с 27,8 до 43%.

В настоящее время достигнут средний уровень содержания общего кислорода 14-15 ppm, что практически гарантирует выполнение нормы по этому показателю рельсов категорий В, НЭ, ИК и СС (не более 20 ppm).

Однако имеет место проблема выполнения нормы, установленной для рельсов категорий НЭ, ИК и СС при проведении фракционного газового анализа (не более 10 ppm кислорода, связанного в хрупкоразрушенные оксидные включения). Гарантированное выполнение этого требования возможно при содержании общего кислорода не более (12-13) ppm.

Для дальнейшего снижения содержания кислорода общего, в том числе в условиях сокращения длительности внепечной обработки, в настоящее время ведется работа по корректировке технологии производства рельсовой стали, в частности режимов продувки металла на АКП и вакууматоре, а также шлакового режима и раскисления металла в процессе выпуска и внепечной обработки, в том числе с использованием ферросплавов с пониженным содержанием алюминия.

Таким образом снижение газонасыщенности рельсовой стали в условиях ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» достигнуто за счет: внедрения технологии выплавки полупродукта с содержанием углерода в металле перед выпуском из печи на уровне (0,10-0,20) %; отработки режимов вакуумирования и отказа от использования силикокальция для раскисления стали.

УДК 621.777.01

## **ПУТИ РАЗВИТИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ СПОСОБОМ «КОНФОРМ»**

**Селиванова Е.В.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Фастыковский А.Р.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: selivanova\_sibsiu@mail.ru*

Предложены усовершенствования непрерывного способа прессования «Конформ», заключающиеся в возможности изменения угла наклона «башмака» относительно колеса, позволяющие снять ряд ограничений, существенно упростить настройку и эксплуатацию оборудования. Определены условия, при которых возможен захват заготовки и устойчивое ведение процесса при различных углах установки «башмака». Достоверность полученных зависимостей подтверждена исследованиями, проведенными на лабораторной установке.

Ключевые слова: совершенствование, способ «Конформ», условия осуществимости.

Современное развитие техники инициирует потребность в разработке и производстве сложных профилей повышенной точности, применение которых позволяет создавать конкурентоспособные процессы и оборудование. Обычно такие профили получают прессованием. Однако классический процесс прессования имеет низкую производительность, связанную с большими затратами времени на подготовительные операции, зачастую превышающими время обработки, высокую энергоемкость, так как одновременно деформированию подвергается весь объем металла и как следствие возможность реализации только на дорогостоящем металлоемком оборудовании. Недостатки классического процесса прессования затрудняют, а в некоторых случаях делают невозможным получение сложных профилей большой длины, высокая цена продукции ограничивает ее применение, монтаж и эксплуатация дорогого, сложного оборудования увеличивает срок окупаемости и себестоимость продукции, что в складывающейся системе рыночных отношений является весьма нежелательным.

Кардинальным решением приведенных выше проблем является разра-

ботка непрерывного процесса прессования, основанного на использовании активных сил трения в очаге деформации [1 - 4]. Из известных способов непрерывного прессования наибольший интерес с практической точки зрения представляет способ, получивший название «Конформ» [5]. К достоинствам данного способа относится возможность сварки металла в очаге деформации, простота кинематической схемы, высокая технологическая гибкость за счет быстрой смены инструмента, для деформирования не требуется нагрева до высоких температур, так как в процессе формоизменения выделяется тепло, обеспечивающее высокую пластичность металла.

Однако практическая реализация способа «Конформ» сдерживается не достаточной технической и технологической разработкой данного способа, малой изученностью в теоретическом плане и в связи с этим отсутствием обоснованных рекомендаций по выбору энергоэффективных режимов формоизменения.

Для реализации способа «Конформ» используется вращающийся валок и неподвижный «башмак», охватывающий до четверти окружности валка. Валок и «башмак» образуют закрытый канал с постоянным сечением по длине. В конце канал перекрыт упором, а для формирования готового профиля используется матрица, расположенная, как правило, в верхней части «башмака» в районе упора. Под действием активных сил трения на поверхности валка металл втягивается в канал, где создается давление необходимое для прессования. Анализ известных конструкций устройств для осуществления способа «Конформ» позволил выявить их недостатки, накладывающие ограничения и создающие сложности при практической реализации:

1. Сечение заготовки должно точно соответствовать сечению канала. В противном случае активных сил трения будет не достаточно для прессования;
2. На входе в канал необходимо размещать задающее устройство, обеспечивающее начальную стадию процесса;
3. Величина активных сил трения не поддается регулировки и как правило значительно превышает необходимое значение, что в свою очередь приводит к неоправданно большим затратам энергии;
4. Отсутствие деформации металла между валком и «башмаком» делает невозможным использование данного способа для получения простых профилей, плющеной ленты, переносит всю нагрузку по формированию готового профиля на матрицу.

Устранить выявленные недостатки и ограничения можно за счет изменения конструкции крепления башмака [6]. Необходимо дополнительно оборудовать установку реализующую способ «Конформ» устройством изменяющим угол наклона «башмака». Такое конструктивное решение позволит изменить форму канала, образованного валком и «башмаком». Высота канала будет уменьшаться от входа до матрицы, что обеспечит дополнительную деформацию заготовки в канале, уменьшив нагрузку на матрицу. Деформирование металла в канале позволит снять ограничения по размерам и форме

сечения заготовки. Изменение угла наклона «башмака» позволит менять площадь очага деформации, где действуют активные силы трения, тем самым создавая оптимальные с точки зрения энергозатрат условия ведения процесса. Возможность деформирования в сужающемся канале, образованном валком и «башмаком» позволит формировать простые профили без использования матрицы, что существенно снизит энергозатраты и делает экономически выгодным такой способ производства простых профилей, тем самым расширив линейку сортамента выпускаемой продукции.

Для практической реализации предлагаемого способа «Конформ» необходимо определить условия, при которых возможно его осуществление. Одним из важнейших является условие захвата. Захват заготовки произойдет, когда величина втягивающих активных сил трения на поверхности валка будет равна или больше реактивных сил трения, действующих на поверхности «башмака». Выполнить данные рекомендации возможно при обеспечении разных условий трения на рабочих поверхностях валка и «башмака»:

$$f_k \geq f_{\sigma}, \quad (1)$$

где  $f_k$  – коэффициент трения на поверхности валка;  $f_{\sigma}$  – коэффициент трения на поверхности «башмака».

$$f_{\sigma} = n f_k, \quad (2)$$

где  $n$  – коэффициент пропорциональности, который меньше единицы.

Зная величину коэффициента  $n$  можно определить при каких значениях коэффициентов трения  $f_{\sigma}$  и  $f_k$  возможна реализация изучаемого процесса. Рассмотрим условия захвата при деформировании усовершенствованным способом «Конформ» с изменяющимся положением «башмака». Спроектируем силы, действующие в месте контакта образца с «башмаком» и валком на ось, совпадающую с осью образца. Уравнение равновесия сил будет иметь вид:

$$\tau_{cp1} - \tau_{cp2} \cos \omega - p_{cp} \sin \omega = 0, \quad (3)$$

где  $\tau_{cp1}$  – контактные силы трения, действующие в месте контакта валка и образца;  $\tau_{cp2}$  – контактные силы трения, действующие в месте контакта образца и «башмака»;  $p_{cp}$  – среднее нормальное напряжение;  $\omega$  – угол наклона «башмака».

Допустив, что на контактных поверхностях действует закон трения Амонтона - Кулона с учетом (2) получим:

$$n \leq \frac{f_k - \sin \omega}{f_k \cos \omega}. \quad (4)$$

При невыполнении условия (4) естественный захват не возможен. Необходимо отметить, что полученное условие захвата действует как для валка с гладкой поверхностью, так и с ручьем. Как следует из зависимости (4) ве-

личина коэффициента  $n$  зависит от угла наклона «башмака». На рисунке 1 приведен график изменения коэффициента  $n$  от угла наклона «башмака»  $\omega$ .

Для изучения возможностей усовершенствованного способа «Конформ» создана экспериментальная установка [6] с верхним расположением «башмака». Механизм регулирования «башмака» позволяет изменить расстояние между валком и «башмаком» в горизонтальной плоскости, а так же угол наклона. Условия трения на поверхностях «башмака» и вала регулировались за счет разной шероховатости и разного материала «башмака» (чугун) и вала (сталь). Проведенные эксперименты подтвердили достоверность полученного условия осуществимости усовершенствованного способа «Конформ» [7].

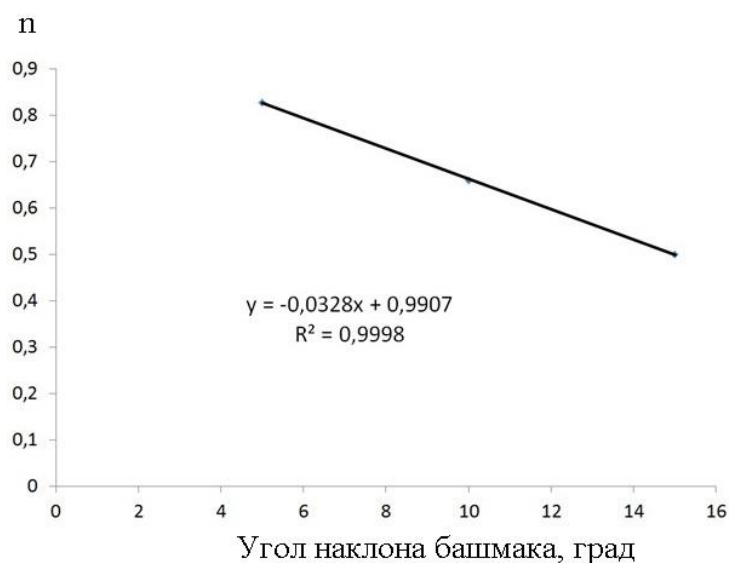


Рисунок 1 – График зависимости коэффициента  $n$  от угла наклона «башмака»  $\omega$

При проведении экспериментов с использованием «башмака» и вала с гладкими поверхностями и деформированием между ними круглой заготовки диаметром 12 мм имело место очень большое значение величины уширения (рисунок 2). Полученные результаты приведены на рисунке 2, где вверху показан образец, полученный обычным способом прокатки, внизу способом «Конформ» с использованием вала и «башмака» с гладкими поверхностями. Данное явление можно объяснить большими реактивными силами трения, действующими на поверхности «башмака» и создающими препятствие движению металла. Процессы, обеспечивающие большие значения уширения представляют интерес при реализации технологии плющения. Основной задачей плющения является получение полос из круглой заготовки при максимальном значении уширения. Продукция, полученная плющением, востребована, однако возможности используемого для этой цели процесса прокатки ограничены и поиск новых решений в частности применение способа «Конформ» перспективно и актуально.



Рисунок 2 – Величина уширения при деформировании в валках (верхний образец) и способом «Конформ» (нижний образец)

Разработаны технические решения, позволяющие существенно расширить возможности непрерывного прессования способом «Конформ». Определены условия осуществимости усовершенствованного способа «Конформ» подтвержденные экспериментально и перспективные направления использования.

#### Библиографический список

1. Данилин В.Н. Создание и основные этапы развития процесса прессования с активным действием сил трения / В.Н. Данилин // Кузнечно – штамповочное производство. – 2009. – №9. – С. 30 – 37.
2. Фастыковский А.Р. Оценка возможностей процесса прокатки – прессования / А.Р. Фастыковский // Кузнечно – штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2004. - №2. – С. 3 – 6.
3. Фастыковский А.Р. К вопросу о процессе прокатки – прессования / А.Р. Фастыковский // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2004. - № 2. – С. 67 – 70.
4. Фастыковский А.Р. Энергосиловые параметры процесса прокатки – прессования цветных металлов и сплавов / А.Р. Фастыковский // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2003. - № 5. – С. 47 – 51.
5. Горохов Ю.В. Расчет параметров деформационной зоны при непрерывном прессовании способом Конформ / Ю.В. Горохов, Н.Н. Загиров, И.Ю. Губанов // Металлы. – 2004. – №4. – С. 113 – 116.
6. А.с. 1669603 СССР, МКИ<sup>5</sup> В21С 23/00. Фастыковский А.Р., Кадыков В.Н. Устройство для непрерывного прессования // Опубл. 15.08.91. Был. № 30.
7. Фастыковский А.Р., Рыков К.В. Перспективные направления развития непрерывного прессования способом «Конформ» // Международная научно-практическая конференция. Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013 – Одесса. 19-30 марта 2013. – С. 43 – 45.

## **ОБЪЕМ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ МЕДИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ**

**Кудояров. А.А., Медведев К.А., Кабуров Д.С.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ширяева Л.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Popovtemon96@yandex.ru*

В статье рассмотрены отрасли техники и технологии – применение меди в России и за рубежом. Изучены существующие способы производства меди. Целью данной работы является определение перспективного направления совершенствования технологий производства меди.

Ключевые слова: производство и потребление меди, спрос, анализ, экспорт меди.

Медь - наиболее ценный и один из самых распространенных цветных металлов. Медь широко применяется в автомобилестроении и строительстве, а также расходуется на производство латуни, бронзы и медно-никелевых сплавов [6].

В ближайшие годы российских производителей меди ожидают новые испытания. Помимо западных санкций, это также снижение сырьевой базы медьсодержащих руд и дефицит инвестиций на ее расширение, а также экологические проблемы, связанные с деятельностью предприятий. В этих условиях металлургам следует обратить особое внимание на внутренние неиспользуемые резервы, такие как снижение издержек производства, повышение извлечения полезных элементов из сырья, а также переработка или реализация промышленных отходов, ранее размещенных на полигонах [5].

По оценке аналитиков METALRESEARCH, в России ежегодно производится около 550-560 тысяч тонн медного концентрата, являющегося основным сырьем для производства черновой (анодной) меди. Кроме концентрата, для выпуска черновой и рафинированной (катодной) меди используется вторичное сырье - медьсодержащий лом, сбор которого превышает 500 тысяч тонн в год. В структуре ломов только 10 % приходится на отходы текущего производства, остальные 90 % - на амортизационный лом [1].

По прогнозу австралийских экспертов, на мировом рынке меди в целом в 2010 г., ожидается сохранение повышательной тенденции в производстве и потреблении меди, наблюдавшейся в последние годы (таблица 1).

В 2011 году мировые цены на медь составили в среднем \$ 7130 за тонну, это на 6 % выше, чем в прошлом году. По прогнозу, цены на медь в 2012г. упадут на 4 % и составят в среднем \$6824 за тонну. Производство в 2012г. увеличится на 7 %, несмотря на сбои в поставках медных концентратов [3].



Таблица 1 - характеристика мирового рынка меди

Производство	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Добыча	15234	15883	17102
Выпуск рафинированного металла	17437	18154	18940
Потребление	17142	18044	18859
Складские запасы	703	813	894
Недельное потребление	21	23	25
Средняя цена	6741	7082	6975

Мировая добыча медной руды в 2008 году должна увеличиться на 7 % и составить 16.4 млн.т. в 2008 г. за счёт введения в эксплуатацию новых проектов в Чили, США, Замбии и Конго. По прогнозам, производство медной руды будет расти в среднем на 5 % в год и достигнет 21 млн.т. в 2013г (таблица 2).

По объемам мирового производства и потребления среди всех цветных металлов медь занимает второе место после алюминия.

Таблица 2 - мировой рынок меди в 2010-2017 гг. (тыс. тон)

	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Производство меди	15120	15287	16399	17538	18698	19707	20564	20969
Производство рафинированной меди	17329	17763	19009	20095	21074	22022	22830	23351
Потребление	17050	17864	18807	19907	20911	21907	22796	23443
Запасы	703	602	804	9921	1154	1370	1403	1311
Цены на медь	6741	7133	6825	6063	4975	4325	3850	4050

По данным расчетов на основе данных компаний и Росстата, в 2016 году производство меди рафинированной в России снизилось незначительно на 1,37 % до 860,1 тыс.тонн. 39 % российской рафинированной меди производит дочерняя компания холдинга ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (УГМК) – ОАО «Уралэлектромедь»; 41% производит вертикально-интегрированная компания ОАО «ГМК «Норильский никель» в Норильском районе (Красноярский край) и Мурманской области; на долю ЗАО «Русская медная компания» (РМК), дочерние предприятия которой ведут отработку небольших южно-уральских месторождений, приходится 20 % российского производства [2].

Экспорт меди и медной продукции по официальным данным ФТС из России в 2016 году увеличился на 12,1 % до 702 тыс.тонн. Основными сегментами в экспорте медной продукции из России в 2016 году стали катоды и

секции катодов из меди рафинированной, необработанной с долей 70,71 %, проволока из рафинированной меди с максимальным размером поперечного сечения более 6 мм с долей 23,83 %, а также сплавы на основе меди и цинка необработанные, порошки неслоистой структуры медные, прутки из сплавов на основе меди и цинка, отходы сплавов на основе меди и цинка (латуни), прутки и профили из рафинированной меди [4].

#### *Выводы*

Основными поставщиками медной продукции в РФ стали следующие страны: Финляндия с долей 24,53%, Казахстан с долей 20,89 %, Китай с долей 12,16 % и другие страны, среди которых Киргизия, Германия, Сербия, Беларусь, Украина. Среди регионов назначения Мурманская область с долей 21,32 %, Свердловская область с долей 20,88 %, город Москва с долей 14,28 %, город Санкт-Петербург с долей 12,37 %, а также Московская область, Самарская область, Челябинская область, Калининградская область, Липецкая область и другие.

#### Библиографический список

1. Современная политика [Электронный ресурс]: Российский рынок меди: проблемы и перспективы – Режим доступа: <http://www.mpfund.ru/news/20170727/83.html> .-.22.03.18 .-. Загл.с экрана.

2. А.В. Тарасов. Производство цветных металлов и сплавов: справочник : в 3 т. (4 кн.). Т. 3. Вторичная металлургия тяжелых цветных металлов – М.: Академкнига, 2008 – 444 с.

3. Bestreferat.ru [Электронный ресурс]: Исследование показателей меди с помощью корреляционного и тренд-анализов – Режим доступа: <https://www.bestreferat.ru/referat-214955.html>.

4. Aurubis [Электронный ресурс]: Краткий анализ российского рынка меди 2016 года – Режим доступа: [http://www.aurubisrus.ru/world\\_rus\\_copper\\_market\\_2014.html](http://www.aurubisrus.ru/world_rus_copper_market_2014.html).

5. Docplayer [Электронный ресурс]: Анализ и прогноз развития рынка меди в мире и России – Режим доступа: <http://docplayer.ru/30250752-Analiz-i-prognoz-razvitiya-rynka-medi-v-mire-i-rossii.html>.

6. Allbest [Электронный ресурс]: Применение статических методов для анализа добычи, производства и потребление меди – Режим доступа: [https://knowledge.allbest.ru/emodel/3c0a65625a2bd69b5d43a89521316d27\\_0.ht](https://knowledge.allbest.ru/emodel/3c0a65625a2bd69b5d43a89521316d27_0.ht).

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ**

**Чудов А.Е., Федорова М.В., Устинова А.Г.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Юрьев А.Б.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: fedorova.online@gmail.com*

В статье приведены результаты компьютерного моделирования и промышленных экспериментов по исследованию распределения осевой пористости с оценкой распределения полей использования ресурса пластичности металла при прокатке в черновых клетях.

Ключевые слова: осевая пористость, желобчатые рельсы, моделирование.

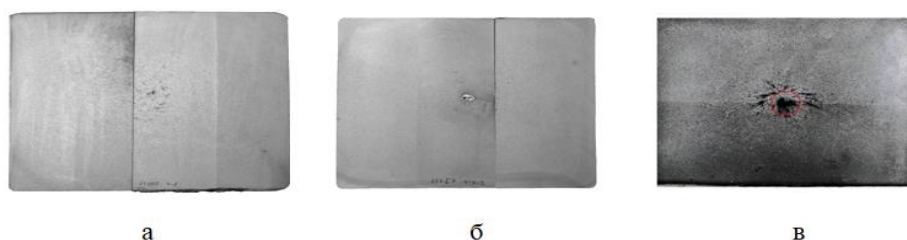
При непрерывной разливке стали отвод тепла от заготовки в осевом направлении практически отсутствует, что приводит к значительному распространению лунки жидкого металла по длине непрерывнолитой заготовки (НЛЗ). В результате центральная часть заготовки затвердевает в последнюю очередь, а усадочные поры и химическая неоднородность концентрируются по тепловой оси заготовки [1].

Несмотря на большое разнообразие типов рельсов, применяемых в промышленности, методы их калибровки практически одинаковы. Однако калибровка желобчатых рельсов, применяемых в основном для трамвайных путей, в отличие от железнодорожных рельсов, имеет свои особенности в формировании желоба [2,3,4].

Для повышения качества трамвайных желобчатых рельсов были проведены специальные исследования, которые включали в себя производственные исследования и компьютерное моделирование формоизменения металла при прокатке рельсов.

Для изучения макроструктуры были получены темплеты, отобранные от трех НЛЗ стали Э76Ф отлитых на МНЛЗ (рисунок 1а–в). Для проведения промышленных экспериментов была выбрана НЛЗ с максимальной осевой пористостью, показанная на рисунке 1в. Макроструктуру поперечного сечения раската выявляли глубоким травлением в 50% водном растворе соляной кислоты. На фотографиях полученных темплетов оконтурена зона осевой пористости с наиболее опасной зоной осевой пористости.

Как известно, прокатка рельсовых профилей в черновых калибрах во многом предопределяет качество готового профиля, поэтому основной задачей при прокатке рельсовых профилей, является максимальная проработка осевой ликвации в черновых калибрах с перераспределением ее в область шейки рельсового профиля, при этом ширина ликвационной зоны не должна превышать  $\frac{1}{2}$  толщины шейки.



а, б, в – исходная заготовка сечением 300×365мм

Рисунок 1 – Распределение осевой пористости по сечению непрерывнолитой заготовки

На рисунке 2 показана схема прокатки трамвайных рельсов Т62 из НЛЗ в черновых клетях BD-1, BD-2 и чистой группы клеток Tandem рельсобалочного стана ЕВРАЗ ЗСМК. Режимы деформации металла в черновых клетях BD-1 и BD-2 приведены в таблице 1 [5, 6].

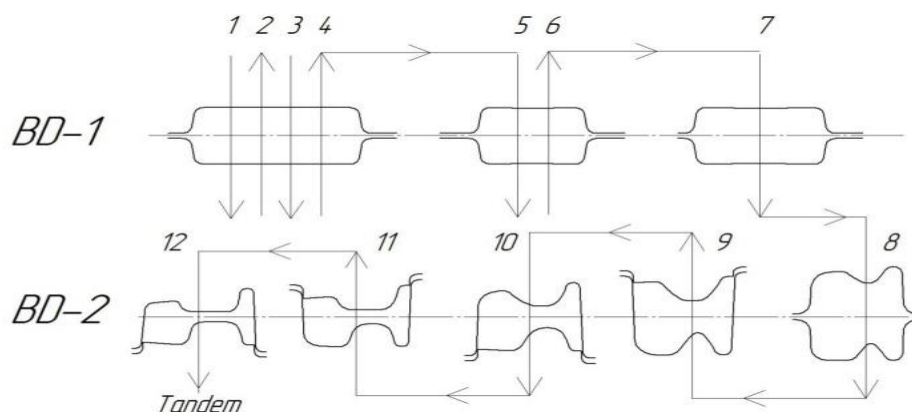


Рисунок 2 – Схема прокатки трамвайных рельсов в черновых клетях

Режимы деформации металла в черновых обжимные двухвалковые реверсивные клетки клетях BD-1 и BD-2 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы деформации металла в черновых клетях

Клеть	Пропуск	Размеры, мм		Обжатие, мм	Кантовка
		Н	В		
BD-1	0	365	300	–	–
	1	330	310	35	1
	2	295	320	35	0
	3	259	310	61	1
	4	204	320	55	0
	5	293	212	27	1
	6	268	219	25	0
	7	185	280	34	1
BD-2	8	170	200	110	1
	9	90	210,68	80	0
	10	60	220,02	30	0
	11	40	226,55	20	0
	12	28	233,66	12	0

Как видно из таблицы, величина абсолютного обжатия за пропуск изменяется в широких пределах от 110 мм до 12 мм. Суммарное абсолютное обжатие вдоль оси шейки рельса составляет 150 мм и в перпендикулярном направлении 112 мм.

Для исследования формоизменения металла с осевой пористостью разработана виртуальная модель черновой группы рельсобалочного стана, которая включала в себя две реверсивные рабочие клетки BD-1 и BD-2.

Компьютерное моделирование технологических режимов прокатки рельсов проводили с использованием программного комплекса Deform3D [7, 8].

Модельная заготовка из рельсовой стали размерами 365×300 мм имела площадь поперечного сечения 109500 мм<sup>2</sup>. По оси заготовки, по всей ее длине, выполнено отверстие диаметром 40 мм, которое имитирует опасную зону осевой пористости. Площадь поперечного сечения осевого отверстия равна 1256,6 мм<sup>2</sup>, что составляло 0,87% от площади заготовки.

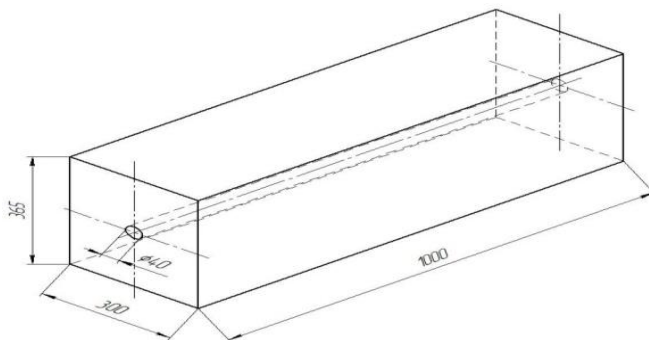


Рисунок 3 – Схематичное изображение НЛЗ с осевой пористостью

Технология прокатки модельной заготовки с использованием виртуальной модели черновой группы рельсобалочного стана соответствовала реально действующей технологии. Условия прокатки: температура заготовки – 1150<sup>0</sup>С; средняя скорость прокатки – 3,5 м/с; коэффициент трения – 0,3; температура окружающего воздуха – 20<sup>0</sup>С.

По результатам моделирования было изучено: формоизменение металла, распределение величин интенсивности деформаций, интенсивности напряжений и оценена величина использования коэффициента запаса пластичности в поперечном сечении раската после каждого пропуска. В работе анализировали вертикальное сечение раската в плоскости, проходящей через оси прокатных валков. (Плоскость выхода металла из валков).

Изучение формоизменения металла показало, что все калибры полностью заполняются металлом. Поверхностные дефекты на раскате отсутствуют. Зона осевой пористости по всем пропускам располагается в центральной части раската, при этом площадь поперечного сечения осевой пористости уменьшается с увеличением коэффициента вытяжки. В 10 пропуск при суммарном коэффициенте вытяжки 4,13 происходит полное заваривание центральной пористости [7]. При дальнейшей прокатке раскрытие осевой пористости не происходит (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение площади поперечного сечения осевой пористости в зависимости от суммарного коэффициента вытяжки

№ про- пуска	Суммарная вы- тяжка	Площадь поперечного сечения осевой пори- стости, мм
0	0	1256,64
1	1,062	1121,55
2	1,16	998,24
3	1,32	841,16
4	1,63	479,01
5	1,744	442,02
6	1,96	412,33
7	2,2	364,5
8	2,54	237,5
9	3,24	40,13
10	4,13	0
11	5,11	0
12	6,02	0

В процессе моделирования был исследован один из основных факто- ров, влияющих на получение профиля хорошего качества – запас пластично- сти металла, определяющий вероятность образования поверхностных и внутренних дефектов проката.

Критерий разрушения (пластичности) Кокрофта основан на предполо- жении, что накопление повреждений происходит только тогда, когда хотя бы одно главных напряжений является растягивающим, а критерием разруше- ния является предельная работа, совершаемая этим напряжением на накоп- ленных деформациях.

$$П = \int_{\varepsilon} \sigma_1 d\varepsilon_i, \quad (1)$$

где  $П$  – критерий разрушения (предельная пластичность),  
 $\sigma_1$  – максимальное главное нормальное напряжение (растягивающее),  
 $\varepsilon_i$  – интенсивность деформаций.

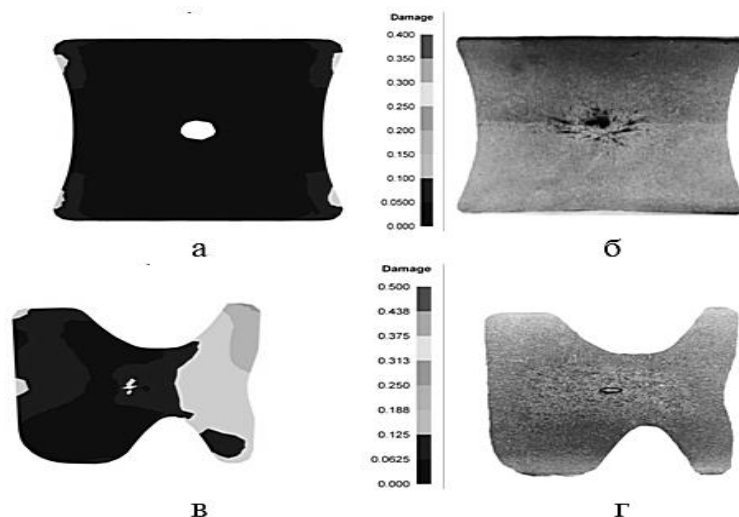
Критерий Кокрофта-Лэтэма рассчитывается по формуле:

$$D = \int_0^{\bar{\varepsilon}} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\varepsilon} \quad (2)$$

где  $\bar{\varepsilon}$  – накопленная пластическая деформация;  
 $d\bar{\varepsilon}$  – приращение накопленной деформации,  
 $\sigma^*$  – максимальное главное растягивающее напряжение,  
 $\bar{\sigma}$  – интенсивность напряжений.

На рисунке 4 представлено распределение полей запаса пластичности в поперечном сечении раската во втором, седьмом, девятом и двенадцатом

пропусках.



а, б – после второго пропуска; в, г – после девятого пропуска

Рисунок 4 – Распределение полей коэффициента использования запаса пластичности (левая часть рисунка) и темплеты поперечного сечения раската

Во втором пропуске (рисунок 4а) можно выделить четыре зоны по углам раската в местах сопряжения бочки валков с выпусками калибра, где максимальные значения запаса пластичности составляют  $D = 0,2$ . После девятого пропуска в рельсовом калибре происходит почти полное заваривание осевой пористости (рисунок 3в) и в последующих калибрах ее раскрытие не наблюдается. Стоит отметить, что картина распределения запаса пластичности напрямую зависит от распределения интенсивности напряжений по сечению металла.

#### *Выводы*

1. По данным компьютерного моделирования уменьшение площади осевой пористости пропорционально суммарному коэффициенту вытяжки. После 9 пропуска при общем коэффициенте вытяжки 4,13 в металле происходит полное заваривание внутреннего дефекта.

2. На заваривание осевой несплошности в процессе прокатки влияет главным образом величина сжимающих напряжений на поверхности раската.

3. Результаты промышленного эксперимента на заготовке с максимальной осевой пористостью показали хорошую сходимость результатов компьютерных и промышленных экспериментов.

#### Библиографический список

1. Перетяtko В.Н. Влияние разрезки на положение центральной пористости в рельсах Р65 / В.Н. Перетяtko, С.Г. Литвин, Е.М. Пятайкин // Известия вузов. Черная металлургия. – 2003. – №4. – С. 36 – 38.

2. Кучко И.И. Производство трамвайных рельсов новых типов / И.И. Кучко, М.Г. Серкин, И.Б. Рапопорт // Сталь. – 1956. – №8. – С. 708 – 716.

3. Критинин И.А. Повышение качества трамвайных желобчатых рельсов / И.А. Критинин, В.А. Кошкин, Р.И. Дарушин // Сталь. – 1969. – №1. – С. 52 – 53.

4. Сапрыгин Х.М. Промышленное производство облегченных трамвайных рельсов/ Х.М. Сапрыгин, И.А. Шарاپов, И.И. Могилевский // Сталь. – 1982. – №2. – С. 56–57.

5. Перетягко В.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния металла при прокатке трамвайных рельсов в универсальном четырехвалковом калибре / В.Н. Перетягко, С.В. Сметанин, К.В. Волков // Сталь. – 2014. – №7. – С. 36 – 39.

6. Перетягко В.Н. Новая технология прокатки трамвайных желобчатых рельсов / В.Н. Перетягко, С.В. Сметанин, М.В. Филиппова // Известия вузов Черная металлургия. – 2003. – №4. – С. 36 – 38.

7. Перетягко В.Н. Компьютерное моделирование выработки осевой пористости при прокатке рельсов / В.Н. Перетягко, С.В. Сметанин, М.В. Филиппова // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургия: сб. науч. трудов / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Сиб-ГИУ.– 2015.– Вып. 2 (12). С. 33 – 37.

УДК 621.762.53

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗБАВЛЕНИЯ ШИХТЫ ИНЕРТНОЙ ДОБАВКОЙ НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВ-СИНТЕЗА ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОЙ МАТРИЦЫ ДИСПЕРСИОННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА**

**Юрченко М.Д., Пермикин А.А., Чурсин С.С.**

**Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук Долматов О.Ю.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, e-mail: mdy2@tpu.ru*

В работе проведено исследование термодинамических характеристик СВ-синтеза матрицы дисперсионного ядерного топлива на основе системы Ni-Al при разбавлении шихты инертной добавкой. Было показано, что при увеличении массовой доли добавки (20 – 50%), происходит уменьшение пика температуры в процессе синтеза. При содержании добавки 60% и выше зависимость нарушается, ввиду увеличения температуры инициации реакции, что приводит к увеличению пика температуры.

Ключевые слова: СВ-синтез, интерметаллиды, ядерное топливо, ДЯТ, матричный материал.

Современная ядерная энергетика – стремительно развивающаяся отрасль, которая нуждается в материалах высокого качества. Такие материалы должны обладать необходимым набором свойств, а также производиться ме-



тодом с высокой экономической эффективностью. Отдельного внимания требует производство топлива для ядерной энергетической промышленности, которая генерирует порядка 20% электроэнергии в России. Традиционное керамическое топливо имеет ряд недостатков, таких как низкая теплопроводность, обуславливающая высокий градиент температур внутри таблетки, что приводит к ограничению мощности реактора.

Перспективной альтернативой, лишенной данных недостатков, является дисперсионное ядерное топливо (ДЯТ), представляющее собой неактивную матрицу, в которую диспергированы топливные частицы [1].

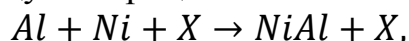
Одними из перспективных материалов для матрицы ДЯТ являются интерметаллиды – соединения двух и более металлов. Они обладают уникальными свойствами, что позволяет им конкурировать с материалами во многих областях промышленности, в частности – ядерной [2].

Интерметаллидные соединения можно получать экономически выгодным методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Данный метод основан на способности некоторых элементов вступать в экзотермические реакции. СВС не требует сложного аппаратного исполнения, а также привлекателен высокой экономической эффективностью [3].

В данной работе были исследованы термодинамические характеристики СВ-синтеза матрицы Ni-Al при разбавлении шихты реагентов инертной добавкой.

Для синтеза матрицы используется порошок Al марки ПАП-2 и Ni марки CAS 7440-02-0. В качестве инертной добавки в данном исследовании используется порошок NiAl. Смешивание порошков происходит в кубическом смесителе штыкового типа. Стехиометрическое соотношение алюминия и никеля 1:1, массовая доля добавки варьируется в пределах от 20 % до 60 %.

Реакцию, протекающую в процессе СВС можно описать уравнением:



где X - используемая инертная добавка.

Термограммы процесса представлены на рисунке 1.

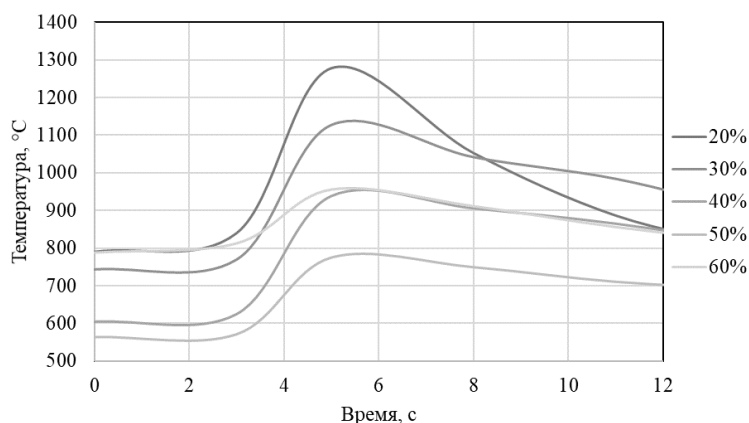


Рисунок 1 – Температурные режимы синтеза

Видно, что температура пика СВ-синтеза при массовой доле добавки 20 % находится в пределах 1200-1400 °С. При увеличении содержания инертной добавки в таблетке происходит уменьшение температурного пика реакции. Данный эффект обусловлен снижением числа реагирующих частиц, а, следовательно, уменьшением суммарной выделяемой энергии при экзотермической реакции.

Однако при синтезе образца, содержащего 60 % инертной добавки, наблюдается отклонения от вышесказанной зависимости. Это происходит из-за того, что в объеме таблетки слишком малое количество реагирующих элементов, в связи, с чем реакция начинает протекать при увеличении температуры инициации, что ведет к увеличению температуры пика.

Полученные образцы представлено на рисунке 2.

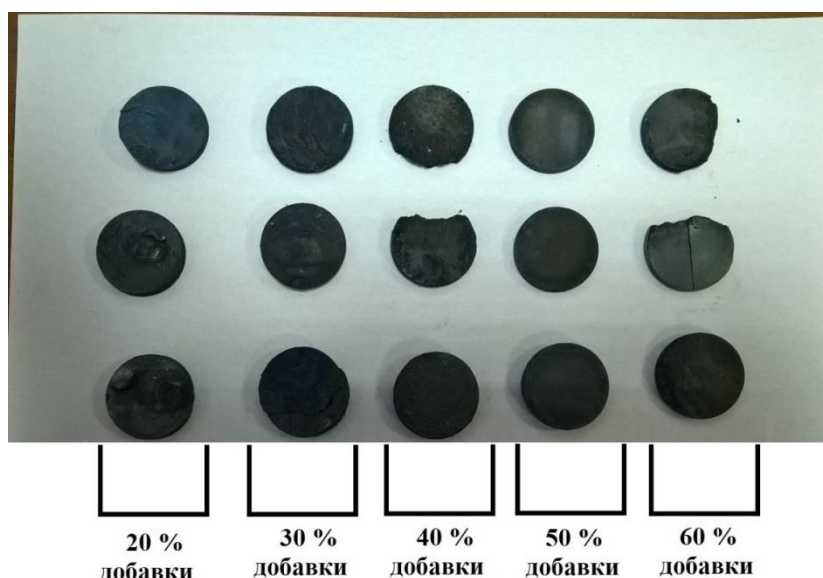


Рисунок 2 – Синтезированные образцы

Видно, что при содержании в образце 20-30 % инертной добавки наблюдается искажение исходной цилиндрической геометрии, ввиду избыточного энерговыделения при синтезе и возникновения расплавов. У образцов с массовой долей добавки порядка 40 % возникает эффект расслаивания и порообразования, что объясняется поведением большого количества инертной добавки при избыточном энерговыделении.

Однако при синтезе образцов с содержанием добавки 50 % отмечается относительно невысокая температура синтеза, обусловленная снижением зажигательной способности системы, не приводящая к отрицательным последствиям.

#### Библиографический список

1. Алексеев С., Зайцев В., Толстоухов С. Дисперсионное ядерное топливо. – Litres, 2017.
2. Базылева О. А., Аргинбаева Э. Г., Туренко Е. Ю. Жаропрочные ли-

тейные интерметаллидные сплавы //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №. 5. – С. 57.

3. Мержанов А. Г. 4 Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: о прошлом, настоящем и будущем //Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. – 2006. – №. 5. – С. 5-8.

ББК 81/25:004

## **SSD ПРОТИВ HDD: В ЧЕМ РАЗНИЦА?**

**Шабалин А. Ю., Абраменко А.Е., Ерохин Д.В.**

**Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Моисеенко Т.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: super.cherryberry@gmail.com*

В статье рассматривается то, что до недавнего времени у покупателей ПК был выбор только между ноутбуком или настольным компьютером. Теперь многое изменилось: покупатели выбирают компьютеры с твердотельными накопителями или компьютеры с жесткими дисками

Ключевые слова: твердотельный накопитель (SSD); жесткий диск (HDD); ультрапортативный ; диск на Windows; жесткий диск Macintosh

До недавнего времени у покупателей ПК было очень мало выбора между ноутбуком или настольным компьютером. Если вы купили ультрапортативный компьютер, вы, вероятно, имели твердотельный накопитель (SSD) в качестве основного диска (с: на Windows, жесткий диск Macintosh на Mac). У компьютеров или ноутбуков был жесткий диск (HDD). Теперь вы можете настроить большинство систем как с жесткого диска, так и с твердотельного накопителя. А какой выбор сделаете бы вы? Мы объясним различия между твердотельными накопителями и жесткими дисками, а также расскажем о преимуществах и недостатках обеих систем.

### **Различия HDD и SSD**

Традиционный вращающийся жесткий диск является основным энергозависимым накопителем на компьютере. То есть, информация о нем не "уходит" при выключении системы, как это происходит с данными, хранящимися в оперативной памяти. Жесткий диск - это по сути металлический диск с магнитным покрытием, который хранит ваши данные, будь то сообщения о погоде из прошлого века или высокой четкости копия оригинальной трилогии Звездных Войн, или Вашей цифровой музыкальной коллекции. Головка чтения / записи на рукоятке получает доступ к данным во время вращения пластин.

SSD делает функционально все то, что делает жесткий диск, но вместо этого данные хранятся на доступных микросхемах флэш-памяти, которые

сохраняют данные, даже если отсутствует питание. Чипы могут быть установлены на системной плате (как в некоторых небольших ноутбуках и ультрапортативных компьютерах), на PCI Express (PCIe) картах (в некоторых высокопроизводительных рабочих станциях и растущем числе потребительских систем), или в соразмерном слоте с подключением к

жесткому диску компьютера или ноутбука.

Эти чипы флэш-памяти имеют другой тип, нежели те, что используются в флэш-накопителях USB и, как правило, быстрее и надежнее. Таким образом, твердотельные накопители стоят дороже, чем USB-накопители с одинаковыми емкостями.

Примечание. В дальнейшем мы будем говорить в основном о внутренних дисках, но почти все применимо и к внешним жестким дискам. Внешние накопители поставляются как на больших настольных, так и на компактных компьютерах с портативным форм-фактором, а твердотельные накопители постепенно становятся большей частью внешнего рынка.

### *История жестких дисков и твердотельных накопителей*

Технология жестких дисков относительно древняя (с точки зрения компьютерной истории, во всяком случае). Далее представлены снимки печально известного жесткого диска IBM 350 RAMAC с 1956 года, в котором использовалось 50 пластинок шириной 24 дюйма с объемом памяти в 3,75 МБ. Это, конечно же, размер среднего MP3-файла размером 128 Кбит / с на сегодня.

RAMAC 350 ограничивался только государственным и промышленным использованием и к 1969 году был устаревшим. Неужели прогресс не удивителен?

В начале 1980-х годов стандартизированным форм-фактором жесткого диска ПК являлся 5,25 дюйма, позднее стали появляться 3,5-дюйма для настольных компьютеров и 2,5-дюйма для ноутбуков. Внутренний интерфейс кабеля с годами пошагово менялся на IDE (теперь часто проводящий параллели с ATA или PATA) после на SCSI и далее на ATA (SATA), но каждый по существу делает то же самое: подключает жесткий диск к материнской плате ПК, чтобы ваши данные могли обрабатываться. Сегодняшние 2,5- и 3,5-дюймовые диски в основном используют интерфейсы SATA (по крайней мере, на большинстве ПК и Mac), хотя некоторые высокоскоростные SSD используют вместо этого более быстрый интерфейс - PCIe. Емкость выросла с нескольких мегабайт до нескольких терабайт, что более чем в миллион раз больше. Нынешние 3,5-дюймовые жесткие диски имеют мощность до 10 ТБ, а 2,5-дюймовые диски ориентированы на потребителя с максимальной мощностью на 4 ТБ.

У SSD гораздо более короткая история. Первые первичные диски, которые мы знаем как SSD, начали производиться во время роста производства нетбуков, в конце 2000-х годов. В 2007 году OLPC XO-1 использовал SSD на 1 ГБ, а в серии Asus Eee PC 700 использовался SSD 2 ГБ в качестве основного хранилища. Микросхемы SSD на низкоуровневых устройствах Eee PC и

ХО-1 постоянно паяли к материнской плате. Поскольку нетбуки и другие ультрапортативные ПК стали более производительными, емкость SSD увеличилась и в конечном итоге стандартизовались на форм-факторе 2,5-дюймового ноутбука. Таким образом, вы можете вытащить 2,5-дюймовый жесткий диск из ноутбука или настольного ПК и легко заменить его SSD. Появились другие форм-факторы, такие как SSD-карта mSATA Mini PCIe, M.2 SSD в вариантах SATA и PCIe, а также твердотельное хранилище Flash DIMM в Apple MacBook Air и MacBook Pro, но сегодня многие твердотельные накопители по-прежнему используют 2,5 дюймовый форм фактор. Емкость 2,5-дюймового SSD-накопителя в настоящее время достигает 4 Тбайт, но версия для серверов ёмкостью в 6 Тбайт выпущена компанией Seagate в 2016 году.

#### *Преимущества и недостатки*

Как SSD, так и жесткие диски выполняют одну и ту же работу: они загружают вашу систему и хранят ваши приложения и личные файлы. Но каждый тип хранилища имеет свой собственный уникальный набор функций. Как они отличаются друг от друга и почему вы отдаёте предпочтение одному из них?

*Цена:* твердотельные накопители стоят дороже жестких дисков в пересчете на доллар за гигабайт. Внутренний 2,5-дюймовый жесткий диск объемом 1 ТБ стоит от \$40 до \$50, но на момент написания этой статьи, твердотельный накопитель той же емкости и с тем же форм-фактором имеет начальную стоимость в \$250. Это составляет 4-5 центов за гигабайт для жесткого диска и 25 центов за гигабайт для SSD. Поскольку жесткие диски используют более старую, более развитую технологию, они будут оставаться менее дорогими в ближайшем будущем. Эта разница в затрате поможет сузить бюджет для вашей системы. *Максимальная и общая емкость:* хотя устройства SSD ёмкостью превышающей 4 ТБ уже выходят на потребительской основе, они все еще редки и дороги. Вы, скорее всего, найдете устройства ёмкостью от 500 ГБ до 1 ТБ в качестве первичных дисков в системах. В то время как ёмкость 500 ГБ считается «базовой» для жесткого диска в 2017 году, проблемы с ценой могут привести к снижению до 128 ГБ для более дешевых систем на базе SSD. Пользователям мультимедиа потребуется еще больше, от 1 ТБ до 4 ТБ, это общая ёмкость для высокопроизводительных систем. В основном, чем больше емкость памяти, тем больше вещей вы можете сохранить на своем ПК. Конечно можно использовать облачное (интернет-хранилище) может быть полезно для хранения файлов, которые вы планируете использовать и с вашего телефона и с планшета и с ПК, но локальное хранилище дешевле, ведь вам нужно купить его только один раз.

*Скорость:* здесь быстрее SSD. ПК, оборудованный SSD, загрузится менее чем за минуту, а часто за несколько секунд. Жесткий диск же требует времени для ускорения работы с эксплуатационными спецификациями и будет работать значительно медленнее, чем SSD при нормальном использова-

нии. ПК или Mac с SSD загружается быстрее, быстрее запускает приложения, и быстрее передает файлы.

*Фрагментация:* из-за того, что поверхность жёсткого диска при записи постоянно вращается, он лучше всего работает с большими файлами, которые лежат в смежных блоках. Таким образом, головка привода может начинать и заканчивать чтение одним непрерывным движением. Когда же жесткие диски начинают заполняться, большие файлы могут разбросаться по диску, заставляя его страдать от так называемой фрагментации. Хотя алгоритмы чтения/записи улучшены до такой степени, что эффект минимизирован, жесткие диски все еще могут быть фрагментированы. SSD не могут, потому что отсутствие физической головки чтения означает, что данные могут храниться в любом месте. Таким образом, твердотельные накопители по своей природе быстрее.

*Прочность:* SSD не имеет движущихся частей, поэтому он с большей вероятностью сохранит ваши данные в случае, если вы уроните свой ноутбук, или же ваша система претерпит «землетрясение» во время работы. Большинство жестких дисков останавливают свои головки для чтения/записи, когда система выключена, но они летают над диском привода на расстоянии нескольких нанометров, когда они работают. Кроме того, даже стояночные тормоза имеют ограничения. Если вы грубы с вашим оборудованием, рекомендуется использовать SSD накопители.

*Доступность:* жесткие диски больше встречаются в бюджетных и старых системах, но SSD-накопители становятся все более распространенными в недавно выпущенных ноутбуках. Тем не менее, списки продуктов от Western Digital, Toshiba, Seagate, Samsung и Hitachi все еще перекошены в пользу моделей жестких дисков над SSD. Для ПК и настольных компьютеров Mac внутренние жесткие диски не уйдут полностью, по крайней мере в течение следующих нескольких лет. И всё же количество моделей SSD растет.

*Форм-факторы:* Поскольку жесткие диски полагаются на вращающиеся пластины, существует ограничение на то, насколько маленькими они могут изготавливаться. Была инициатива по созданию меньших 1,8-дюймовых вращающихся жестких дисков, но объём их памяти остановился примерно на 320 ГБ, поскольку производители фаблетов и смартфонов установили флеш-память для своего основного хранилища. У SSD нет такого ограничения, поэтому они могут продолжать уменьшаться с течением времени. SSD

доступны в 2,5-дюймовых корпусах для ноутбуков, но это исключительно для удобства. Поскольку ноутбуки по-прежнему становятся стройнее, а планшеты становятся первичными платформами для веб-серфинга, вы можете наблюдать за ростом развития SSD.

*Шум:* даже самый тихий жесткий диск будет издавать немного шума, при его использовании, он исходит от вращающегося диска или рычага чтения, движущегося взад и вперед, особенно если он находится в корпусе, который был деформирован или если он был неправильно установлена в металлических

корпусах. Более быстрые жесткие диски будут создавать больше шума, чем медленные. SSD практически не шумят, поскольку они не механические.

*Мощность:* SSD не тратит электричество, то есть не питается от вашего ПК. Следовательно, ни одна из энергии, потребляемой SSD, не используется в качестве трения или шума, что делает их более эффективными. На рабочем столе или на сервере это приведет к более низкому счету энергии. На ноутбуке или планшете вы сможете работать дольше от питания батареи. Итог: жесткие диски выигрывают по цене, емкости и доступности. Но SSD лучше, если для вас важны скорость, прочность, форм-фактор, шум или фрагментация (технически часть скорости). Если бы не проблемы с ценой и пропускной способностью, то SSD были бы победителем. Что касается долговечности, то SSD изнашиваются со временем (каждая ячейка во флэш-памяти может быть записана и удалена ограниченным количеством раз), технология команд TRIM динамически оптимизирует циклы чтения/записи, но всё же, скорее всего, вы откажетесь от устаревшего устройства (приблизительно через 6 лет), прежде чем вы встретите ошибки чтения/записи. Если вы действительно волнуетесь за состояние износа ваших накопителей, есть несколько инструментов, которые контролируют их S.M.A.R.T. статус и сообщит вам, приближаются ли они к номинальному концу жизни. Жесткие диски в конечном итоге тоже изнашиваются от

постоянного использования, так как они используют физические методы записи.

*Правильный выбор диска:*

Таким образом, что соответствуют вашим потребностям, SSD, жесткий диск? Давайте выясним это:

*Жесткие диски:*

- *заядлые мультимедиа пользователи и тяжелые загрузки:* сборщикам видео требуется место, и вы можете получить до 4 Тб памяти относительно дешево с помощью жестких дисков.
- *Бюджетные покупатели:* То же самое. Много дешевого места. SSD слишком дороги для покупателей ПК за 500 долларов.
- *Графические и инженерные специалисты:* Так как диски изнашиваются из-за чрезмерного использования. Замена жесткого диска 1 Тб будет дешевле, чем замена SSD на 500 Гб.
- *Общие пользователи:* Люди, которые предпочитают загружать свои медиа-файлы локально, по-прежнему будут нуждаться в жестком диске с большей пропускной способностью. Но если вы в основном транслируете музыку и видео в Интернете, то покупка меньшего SSD будет более эффективна.

*SSD-накопители*

- *Дорожные воины:* Это те люди, которые без колебаний зашвыривают свои ноутбуки в сумки, они нуждаются в дополнительной безопасности SSD.
- *Демоны скорости:* если вам сейчас нужна производительность,

потратьте дополнительные деньги на SSD для более быстрой загрузки и работы приложений. Дополните жесткий диск накопительным SSD, если вам нужно дополнительное пространство (см. ниже).

- *Профессионалы в области графики и техники:*

Эти пользователи являются первыми кандидатами на системы с двумя дисками (подробнее об этом ниже).

- *Звукоинженеры и музыканты:* если вы записываете музыку, вы не захотите, чтобы звучание с жесткого диска заедало. Вам следует использовать SSD.

#### *Гибридные приводы и двухдисковые системы*

Еще в середине 2000-х годов некоторые производители жестких дисков, такие как Samsung и Seagate, предположили, что если добавить несколько гигабайт флеш-чипов на вращающийся жесткий диск, то можно получить так называемый «гибридный» накопитель, объединяющий большой объём памяти жесткого диска и производительность SSD, с ценой немного выше, чем у обычного жесткого диска. Флэш-память действует как буфер для часто используемых файлов, поэтому ваша система может быстрее загружать и запускать ваши самые важные приложения, даже если вы не можете напрямую устанавливать что-либо в этом пространстве самостоятельно. На практике работают гибридные приводы, но они все еще более дороги и сложнее обычных жестких дисков. Они лучше всего подходят для «дорожных воинов» которым требуется как большой объём памяти, так и высокая производительность. Поскольку они представляют собой промежуточный продукт, гибридные приводы не обязательно заменяют выделенные жесткие диски или твердотельные накопители.

В системе с двумя дисками производитель системы установит небольшой жесткий диск SSD (C :) для операционной системы и приложений и добавит большой вращающийся жесткий диск (D: или E :) для хранения файлов. Это хорошо в теории, но на практике производители могут добавить уж слишком малый SSD по объёму памяти. Да и Windows сама занимает много места на основном диске, а некоторые приложения не могут быть установлены на других дисках.

Некоторые возможности могут быть слишком малы. Например, Windows можно установить на твердотельный накопитель размером до 16 ГБ, но места для чего-либо еще будет мало. По нашему мнению, от 120 ГБ до 128 ГБ является практичным минимальным размером для диска C:, с 256 ГБ или более - еще лучше. Проблемы с пространством так же, как и с любой многодисковой системой: для хранения двух (или более) дисков требуется физическое пространство внутри корпуса ПК.

Как и на гибридном диске, SSD не доступен напрямую конечному пользователю. SRT требует истинных твердотельных накопителей, как в 2,5-дюймовых форм-факторах, но эти диски могут быть меньше, чем 16 ГБ в емкости и по-прежнему повысить производительность; так как операционная



система не устанавливается непосредственно на SSD, можно избежать проблем с дисковым пространством в конфигурации-, упомянутой выше. С другой стороны, вашему компьютеру потребуется место на двух дисках, что может исключить некоторые ноутбуки и рабочие столы с небольшим форм-фактором. Также потребуется твердотельный накопитель и материнская плата системы для поддержки технологии кэширования для этого сценария. В целом, однако, это интересное решение.

#### *Накопитель будущего*

Неясно, будут ли твердотельные диски полностью заменять традиционный вращающийся жесткий диск, особенно облачное хранилище информации. Цена SSD падает, но они все еще слишком дороги,

Облачное хранилище также не является бесплатным: вы будете продолжать платить за персональное хранилище в Интернете. Местные хранилища не уйдут, пока у нас не будет повсеместного беспроводного интернета везде, в том числе в самолетах и в пустыне. Конечно, к тому времени, может быть появится что-то лучше для дополнительного хранилища информации ознакомьтесь с нашим списком лучших внешних жестких дисков.

#### Библиографический список

1. Журнал PCMag [Электронный ресурс] - Режим доступа: Ссылка на статью; Автор статьи: Joel Santo Domingo Дата June 9, 2017 4:01PM EST Ваш выбор. 09.03.2017.

ББК 81/25:699.2/8

### **ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК СТРОНЦИЯ И МАГНИЯ НА ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ МАТРИЦЕЙ И АРМИРУЮЩИМИ ЧАСТИЦАМИ В ГИБРИДНОМ КОМПОЗИТЕ**

**Кудояров А.А.**

**Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Моисеенко Т.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: super.cherryberry@gmail.com*

В статье проводится адекватный отбор фазового состава композита, предназначенного для поршней компрессора воздуха отливки постоянной пресс формы. Обсуждается, что гибридные композиты на основе матричного сплава AlSi7 Mg усилены смесью карбида кремния SiC и стеклом, которые изготавливаются методом перемешивания и литья. Раскрывается авторское понимание, что правильный выбор химического состава матричного сплава и его модификации – это применение магния и стронция, что дает возможность получить как выгодные литейные свойства композитных суспензий, так и хорошую связь между подкреплениями частиц и матрицей

Ключевые слова: гибридные алюминиевые композиты, затвердевание, структура, перманентно-литейное литье.

Все чаще композитные материалы из сплава алюминиевой матрицы применяется для производства конструкционных элементов и для частей машины: подшипники скольжения, тормозные диски, втулки и поршни. Сильный интерес к этому виду композита материалов является результатом ряда их творческих свойств, которые могут быть с конструированы правильным выбором что бы усиливать компоненты, химический состав алюминиевой матрицы и технологические показатели. В большинстве теоретических и экспериментальных исследования доказывают, что наличие жесткого керамического подкрепления оказывает благотворное влияние на свойства сплава матрицы Al, в частности своей твердости, износостойкости, теплопроводности и теплового расширения а также на стабильность. К сожалению, в это же время наблюдались инструменты, которые увеличивают износ и снижают долговечность резки. Такие композиты улучшают физические, механические и трибологические свойства материалов, которые подкрепляются только одного типа подкреплений. Графитные частицы могут создать защитный смазывающий слой между двумя контактными поверхностями при скольжении. Возможность получение смазки механические свойства, в частности прочность от усталости, соответствующая твердость, низкая плотность и демпфирующая способность. Для этого необходимо правильно выбрать химический состав матрицы и типа, размер и объем доли армирующих фаз и выбор технологических параметров. Для всех процессов литья алюминиевый матричный сплав должен характеризоваться высокой прочностью, возможностью термической обработки и хорошие технологические свойства, такие как высокой жидкой текучестью, низкой вязкостью и прежде всего, хорошей смачиваемостью на керамическом поверхностном подкреплении. Плохое смачивание и реактивность между жидким алюминиевым сплавом и керамическими частицами, таких как карбид кремния, графит и стекловидный уголь являются основными проблемами при производстве композитных суспензий. Условия смачивания могут быть улучшены путем добавления правильного легирующих элементов в жидкий алюминиевый сплав.

В нескольких исследованиях было показано, что добавление стронция в Al - Si (стронции) литейных сплавов, с целью изменения кристаллов кремния, что вызывает и повышает слепки механических свойств. Разагия и др. показали, что также имеет повышенную прочность растяжения и относительное удлинение в матричные композиты Al - Si, содержащие частицы SiC и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(кислород)3. Они обнаружили, что это можно отнести к кремниевому кристаллу, модифицируя и улучшая смачиваемость частицы - матрицы взаимодействия. Как было показано, Sr отделяется на обеих кремниевых частицах карбида и глинозема, при этом повышает образование Al — Si — Sr интерметаллического соединения на взаимодействие частицы - матриц. Многие авторы описали значительную роль магния при синтезе матрицы Al

— Si композитов через жидкую обработку. Было показано, что добавление Mg в жидкий сплав Al уменьшает его поверхностное напряжение и предотвращает отторжение частиц от расплава и помогает реакции автоматизированного смачивания. В исследованиях, композиты продемонстрировали, что введение легирующих элементов, алюминиевые сплавы важны не только с точки зрения надлежащего увлажнения, но и для технологических требований. Исследование показало, что уменьшение времени затвердевания и температура затвердевания сплавов важно для реактивности Al / C(углерод), Al / Gr и Al / SiC систем.

Сплав AlSi7 Mg был применен начальным качеством. Выбор из алюминиевого сплава с 7% мае. содержанием кремния обеспечивает снижение реактивности и снижение потенциала для формирования хрупкие фазы карбида, т. е. Al<sub>14</sub> C<sub>3</sub> в контакте с частицами SiC и Cg(КарбоН). В следующем его шаге уточнения, была выполнена модификация. Процедура, разработанная авторами включает в себя шаг удаления твердых включений водорода, при переработке исходного сплава через аргон (Ar) дует, и изменение начального химического состава сплавов AlSi7 Mg. За 30 минут Ar переработки осуществляется путем барботажа с мешалкой, в которой течет газ в количестве 1 дм<sup>3</sup>/ч. После удаления от расплава металла слоем шлака, химический состав сплава был изменен путем добавления сплава Mg и Al Mg<sub>2</sub>s был использован для увеличения объемов Mg до 2% мае., хотя сплав Al Sr10 для обогащения состава используется до 0,03% мае. Для того чтобы гомогенизировать его химический состав, сплав перемешивают при пониженном давлении в течение еще 30 минут. Это применение изменяет поверхностное натяжение на границе жидкого металла и улучшает условия смачивания керамики. Таким образом, подготовленная матрица сплава вводилась в смесь гибридных частиц.

Следующий шаг получается в подготовке композиционных суспензий на основе переполох - литье. На поверхности из вращающегося жидкого алюминиевого сплава был вылиты подогретые керамические частицы. После введения частиц составной суспензии, гомогенизируют и дегазируют при пониженном давлении, а затем отливают в чашку пресс - формы для регистрации изменений температуры при охлаждении. На основании полученных данных во время регистрации температуры изменения при охлаждении отливок в стандартных условиях, определено влияние модифицирующих добавок на процесс затвердевания матричного сплава и композитного материала. Зарегистрированные данные позволили определить кривые охлаждения отливки. На основе анализа характеристики точек охлаждения кривой назначены в начале и на конце затвердевания процесса сплава матрицы и смеси. Проведен анализ химического состава сплавов выполняющегося с помощью ПЗС-дуго- спектрометр. Структуру алюминиевого сплава и композита обследовали с помощью светового микроскопа Olympus GX71 и сканирующим электронным микроскопом SEM.

Химический состав алюминиевых сплавов по аттестации поставщика и по результатам испытаний с использованием масс - спектрометра был показан во вкладке 1. На графиках отмечены характерные точки, соответствующие температуре этапов формирования базы сплава AlSi7 Mg и после модификации, с добавлением 2% мае. Mg и 0,03% мае. стронций. На кривой охлаждения для композита также были отмечены характерные точки для модифицированной матрицы сплава.

На рис. 1 показана кривая охлаждения основания сплав AlSi7 Mg. Был зарегистрирован выраженный эффект рекалесценции, первая остановка при температуре 613°C. В точке 2 осадок а — фаза с Al — Fe — Mn — Si системы. В пункте 3 дополнительно образуется фаза Al-Fe-Si, при температуре 578°C. Окончательно на температуре 565°C начался осадок фазы с Al - Sr - Si. Процесс затвердевания был завершен за 268 секунд при температуре 565°C, для модифицированного сплава матрицы Al Si7 Mg с добавлением 2% мае. Mg и 0,03%мас. Первая остановка температуры была зафиксирована при 615 °C. При температуре 607°C начинается фаза осадков Al2 Sr Si2, следующая при 604°C (точка 3) а - фаза системы с Al - Fe - Mn - Si. В точке 4 формируется В - фаза Al - Fe - Si. При температуре 564°C (точка 5) начинается фаза осадка Al8 Fe Mg3 Si и Mg2 Si. Более того было отмечено, что введение модифицирующих добавок снижает температуру осадков Si до 557 °C и продлить время затвердевания до 312 секунд.

Введя керамические частицы, в матрице сплав изменяет условия кристаллизации. Первая остановка была зафиксирована при температуре 608 °C, и через 228 секунд наблюдался конец затвердевания при 556°C. При затвердевании композита, можно выделить 3 характерных точек для формирования фазы в модифицированном алюминиевом сплаве Al Si7 Mg. При температуре 604°C начинается формирование фазы 13 Al - Fe - Si. В точке 3 начинается фаза осадков Al8 Fe Mg3 Si и Mg2 Si. Микроструктурные наблюдения показали, что добавление Sr изменяет эвтектическую сеть Al - Si. Морфология эвтектического кремния изменялась от грубого чешуйчатого / игольчатого (Рис. 4а), в тонких волокнистых/шаровидные (Рис. 4б). Выявлены также интерметаллические фазы, в частности обогащенные железом, марганцем и магнием в обоих сплавах. Наличие этих фаз коррелирует с химическим составом сплавов. Подтверждено, что добавление стронция изменяет морфологию этих фаз. Об этом аспекте подробно рассказала Тиллова и др. Кроме того, в модифицированном ОН сплаве при содержании магния менее 0,4 мае. %, вдоль сторон эвтектического Si наблюдались мелкие темные частицы фазы Mg2Si (рис. 1). 5а). В свою очередь, увеличение содержания магния до 2 мае. % приводит к образованию фазы Mg2Si в виде “китайского сценария” (5б). Аналогичный эффект наблюдал Самуэль и др.

Также результаты наблюдения SEM подтвердили наличие фаз, вытекающих из теоретических соображений. Морфология отдельных фаз в модифицированном матричном сплаве представлена на рисунке 6. В районе,

отмеченном как место 1, была выявлена фаза  $\alpha$  - фаза с Al - Fe - Mn - Si. В точке 2 была обнаружена фаза  $\text{Al}_2\text{Sr Si}_2$ . Отмечено, что обе фазы осаждаются на границе  $\alpha$  - Al - дендрита.

Основной целью применяемой модификации было не только изменение структуры матричного сплава в состоянии после литья, но и изменение свойств матрицы жидкого металла при контакте с армированием. На основе результатов наблюдений микроструктуры композитов, распределение равномерных упрочняющих фаз было подтверждено. Качественная адгезия между алюминиевой матрицы (фиг. Рис. 8а. 9а).

В свою очередь, внутри интерфейса наблюдалось небольшое увеличение Mg и O, а также Al. Увеличилась интенсивность Mg в присутствии кислорода, кремния и стронция, это может означать появление оксид магния, силицид магния и выпадает в осадок, содержащий стронций и/или разного рода комплексных соединений из Al-Mg-O, Al-Mg-O-Si или Al-Mg-O-Si-Sr системами. ЭЦП результаты сопоставления подтвердили наличие некоторых из этих фаз (фиг. 10,11). Однако наблюдения пограничных областей между модифицированной матрицей  $\text{AlSi}_7\text{Mg}$  и частицами SiC по сравнению с частицами стекловидного углерода выявили значительные различия в их морфологии и обособлении, (видно на фиг. 8а и 10, а также рис. 9а и 11) соответственно.

Были обнаружены и идентифицированы два различных типа взаимодействия между частицами SiC, а также изменены Al - матрицы. Первый тип имел регулярные, последовательные и довольно чистые участки без каких-либо реакционных продуктов. Во втором типе интерфейсов отмечена небольшая реакция между компонентами. На основании результатов сопоставления ЭДС (Рис. 10), возникновение оксида магния на стыке Al/SiC был подтвержден. Проведенный предварительный анализ показал небольшие осадки с содержанием Al, O и Mg, что недалеко от района интерфейса. Однако подтвердить это предположение, необходимы более продвинутое исследования.

В свою очередь, поверхности раздела между матрицей Al и частицы углерода были более развиты (Рис. 9 и на фиг. 11а). ЭЦП сопоставления элементов (Рис. 11) четко показали наличие  $\text{MgAl}_x\text{O}_x$  фазы шпинеля и оксида магния в некоторых местах вокруг частиц Cg. Было отмечено, что слой шпинели был локально раздроблен на мелкие частицы (Рис. 11а и фиг. 13А). Анализ точек ЭЦП показал небольшое существование Mg - Al - O - SiO переходных фаз различного химического состава (Рис. 13). Некоторые из них были обогащены стронцием, (Рис. 13С).

Не замечено образования нежелательных, хрупких фаз, таких как  $\text{Al}_4\text{C}_3$  и  $\text{Mg}_2\text{Si}$  на анализируемых интерфейсах, что было описано многими авторами. Это доказывает, что помимо собственно Si-содержание в Al матричном сплаве описан авторами. Магний и стронций являются полезными для уменьшения реактивности в Al/SiC и Al/Cg - систем и оказывают положительное влияние на качество связи между компонентами. Однако для по-

нимания влияния легирующих добавок на морфологию и микроструктуру реакционно образующихся интерфейсов необходима дальнейшая работа как по термодинамическому анализу, так и по структурной характеристике с использованием передовых методов высокого разрешения.

При подготовке композитов модифицированным методом перемешивания важны не только выбор типа и объемной фракции арматурной фазы, но и преимущественно адекватная подготовка матричного сплава. Показано, что добавление Mg и Sr снижает температуру затвердевания, что важно с точки зрения жидкой технологии. В жидком состоянии эти добавки приводят к прерыванию оксидной пленки с поверхности алюминиевого сплава и уменьшают поверхностное натяжение.

Исследования композиционной структуры показали, что введение в алюминиевый сплав добавок Mg и Sr способствует формированию полезных фаз на стыке частиц керамики и матрицы, что подтверждает благотворное влияние модификаторов на условия смачивания жидкого металла и керамики.

ББК 81/25:621.181

## **ТУРБУЛЕНТНАЯ КОНВЕКЦИЯ И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В КРУГОВОЙ ТРУБЕ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ВИТЫМИ ЛЕНТАМИ**

**Бойко А. Р., Шалунов А. В.(МТ-16)**

**Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Моисеенко Т.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: super.cherryberry@gmail.com*

В статье рассматривается применение турбулентной вынужденной конвекция и теплопередачи в круговой трубке с модифицированными витыми лентами. Обсуждается применение модифицированных скрученных лент для увеличения скорости теплопередачи и уменьшения давления в циркуляционном трубчатом теплообменнике. Изучаются эффекты отношений длин ( $LR = 0,30, 0,44, 0,78$  и  $0,88$ ), скрученные отношения ( $TR = 1, 1,5, 2$  и  $4$ ), а также конфигурации для турбулентного режима  $Re = 3000-20\ 000$ . Численный метод выбирается для изучения характеристики теплопередачи, конфигурации потока и оценки эффективности в пробирке.

Ключевые слова: турбулентная вынужденная конвекция и теплопередача ; круговая трубке с модифицированными витыми лентами; трубчатый теплообменнике ; скрученная лента.

Скрученная лента представляет собой тип вихревых генераторов, встроенных в теплообменники для улучшения скорости теплопередачи и теплового КПД. Скрученная лента может генерировать потоки или про-

дольные вихревые потоки через трубчатый теплообменник. Кроме того, сильный поток закручивания может падать на поверхность трубы, что помогает уменьшить толщину теплового пограничного слоя. Благодаря простому формованию и установке скрученной ленты в трубчатом теплообменнике, скрученная лента использовалась во многих инженерных работах: химическом процессе, конденсаторе, раковино-трубном теплообменнике, рекуперации тепла, солнечном воздухонагревателе и т. Д. , Скрученная лента не только увеличивает скорость теплопередачи, но также увеличивает потерю давления. Широко известны экспериментальные и численные исследования тепловой характеристики в теплообменнике с витой лентой.

Скрученная лента с отношением ширины  $= 0,98$ , вставляется в циркуляционный трубчатый теплообменник, как показано на рисунке 1. Диаметр пробирки равен  $0,05$  м для всех случаев. Влияние скрученных отношений (TR) и отношения (LR) длины одной модифицированной витой ленты, число Рейнольдса,  $Re = 3000-10\ 000$ . Прямоугольные отверстия устанавливаются с коэффициентом постоянной зазора  $= 0,03$  и отношением длины отверстия  $= 0,07$  соответственно. Двойные скрученные ленты в трубчатом теплообменнике, показанные на рисунке 2, изучены для  $LR = 0,78$  и  $0,88$  при  $TR = 1$ .

Численные результаты для круглой трубки с скрученной лентой и двойными скрученными лентами делятся на четыре части: проверка вычислительной области, влияние скрученного отношения, влияние отношения длины и влияние двойных скрученных лент. Результаты проиллюстрированы с точки зрения конфигурации потока, поведения передачи тепла и анализа производительности.

Проверки представленной вычислительной области выполняются для обеспечения того, чтобы численная модель давала высокую точность и точность результатов. Этот раздел можно разделить на три раздела:

- верификация с гладкой трубкой,
- сравнение с экспериментальным результатом,
- независимость сетки.

Проверка гладкой трубки производится путем сравнения между приведенными значениями со значениями корреляции [31]. На рисунках 3 (а)

и 3 (б) представлены проверки гладкой круглой трубки для передачи тепла и потери давления в терминах числа Нуссельта и коэффициента трения соответственно. Как и на рисунках, настоящие результаты находятся в отличном согласии со значениями корреляций, как по числу Нуссельта, так и

по коэффициенту трения. Отклонения для числа Нуссельта и коэффициента трения составляют около  $\pm 11\%$  и  $\pm 10\%$  соответственно. (Число Нуссельта (Nu) — один из основных критериев подобия тепловых процессов, характеризующий соотношение между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности (в условиях неподвижной среды). Названо в честь немецкого инженера Вильгельма Нуссельта.

Сравнение цифровых результатов с экспериментальными результатами [32] для числа Нуссельта и коэффициента трения обычной одиночной скрученной ленты изображено на рисунках 4 (а) и 4 (б), соответственно. Обнаружено, что существующие предсказания хорошо согласуются с  $\pm 6\%$  и  $\pm 10\%$  для числа Нуссельта и коэффициента трения соответственно.

Число сеток в вычислительной области влияет на числовые результаты. Оптимальная точка между количеством ячеек и результатами точности достигается путем сравнения шести наборов ячеек сетки. Число ячеек, 70000, 98000, 123000, 240000, 303000 и 543000, генерируется для текущего вычислительного домена. Увеличение сетки с 240000 до 303000 оказывает незначительное влияние на теплопередачу и потерю трения. Поэтому для настоящего исследования выбраны ячейки 240000. Независимый от сетки тест представлен в таблице 1.

Можно сделать вывод, что настоящая вычислительная область является надежной для прогнозирования характеристик теплопередачи и потерь давления в трубчатом теплообменнике с витой лентой.

В этом разделе сообщаются конфигурации потока, поведение теплопередачи и оценки производительности в трубе с модифицированной витой лентой при различных витых соотношениях. На рис.5 (а), 5 (б), 5 (в) и 5 (г) представлены тангенциальные векторы скорости в поперечных плоскостях для циркуляционного трубчатого теплообменника с модифицированной витой лентой для  $TR = 1; 1,5; 2, \text{ и } 4$ , соответственно, при  $Re = 10000$  и  $LR = 0,88$ .

Как и на чертежах, модифицированная витая лента может генерировать продольные вихревые потоки с вращением по часовой стрелке через тестовую секцию для всех случаев. Ядра вихревых потоков находятся в центре трубки для всех плоскостей. Вихревые потоки помогают повысить скорость передачи тепла за счет лучшего смешивания жидкости между сердечником вихря и вблизи режима стенки трубки. Продольные вихри, протекающие через испытательную секцию с модифицированной витой лентой, представлены на рисунке 6. Все значения  $TR$  выполняют аналогичную картину потока, но сила вихря оказывается различной.

Поведение теплопередачи в трубке с модифицированной витой лентой показано в терминах распределения температуры в поперечных плоскостях и локальных распределений числа Нуссельта на стенке трубки. На рис.7 (а), 7 (б), 7 (в) и 7 (г) показано распределение температуры в поперечных плоскостях для трубчатого теплообменника с модифицированной витой лентой при  $TR = 1; 1,5; 2 \text{ и } 4$  для  $Re = 10000$  и  $LR = 0,88$  соответственно.

Имеются данные о том, что использование модифицированной витой ленты приводит к лучшему смешиванию потока жидкости через испытательную секцию по сравнению с гладкой трубкой. Из-за вихревых потоков, создаваемых скрученной лентой, красный слой (горячая жидкость) контура оказывается более тонким.  $TR = 1$  обеспечивает наилучшее перемешивание



жидкости, а  $PR = 4$  выполняет обратные результаты. Причиной этого может быть то, что модифицированная витая лента с  $TR = 1$  дает самые сильные и длинные вихревые потоки.

(Число Прандтля ( $PR$ ) — один из критериев подобия тепловых процессов в жидкостях и газах, учитывает влияние физических свойств теплоносителя на теплоотдачу)

На рис.8 (а), 8 (б), 8(в) и 8(г) показаны локальные распределения числа Нуссельта на стенке трубки с модифицированной витой лентой для  $TR = 1$ ,

1.5, 2 и 4 соответственно и с  $Re = 10\ 000$  и  $LR = 0,88$ . Красный контур означает высокую скорость теплопередачи, а синий контур имеет обратное значение. Пик режима теплопередачи находится на краю модифицированной витой ленты для  $TR = 1, 1,5$  и 2.  $TR = 1$  обеспечивает максимальную скорость теплопередачи, тогда как  $PR = 4$  дает противоположный результат.  $TR = 1.5$  и 2 дают приблизительную картину поведения теплопередачи.

Оценки производительности в трубе с модифицированной витой лентой представлены в трех частях: отношение числа Нуссельта, коэффициент трения и коэффициент теплового усиления. В общем случае  $Nu / Nu_0$  уменьшается с ростом числа Рейнольдса для всех случаев. Использование модифицированной витой ленты обеспечивает более высокую скорость теплопередачи, чем гладкая трубка для всех  $TR$ .  $TR = 1$  дает максимальную скорость теплопередачи, а  $TR = 1,5$  обеспечивает более высокую скорость теплопередачи, чем  $TR = 2$ .  $TR = 4$  обеспечивает наименьшие значения скорости теплопередачи из-за самой низкой силы вихря.  $TR = 1$  имеет более высокую скорость теплопередачи, чем  $TR = 1,5, 2$  и 4 около 21 %, 24,4% и 37%, соответственно, при рассмотрении при  $Re = 3000$ .  $Nu / Nu_0$  составляет около 2,10-2,70; 1,61 -2,14; 1,58-2,04 и 1,50-1,70 для трубки с модифицированной витой лентой  $TR = 1, 2$  и 4 соответственно при  $Re = 3000-20\ 000$  и  $LR = 0,88$ .

Как правило, коэффициент трения имеет тенденцию к небольшому уменьшению с увеличением числа Рейнольдса для всех случаев. Наличие модифицированной витой ленты в пробирке приводит к более высокой потере давления, чем в гладкой круглой трубке. Измененная витая лента с  $TR = 1$  выполняет самые высокие потери на трение, в то время как  $TR = 4$  дает обратный результат. Большое скрученное соотношение может помочь уменьшить потерю давления в пробирке.  $TR = 1$  дает более высокую потерю давления, чем  $TR = 1,5; 2$  и 4 около 40,9%, 57,3% и 69,1%, соответственно, при рассмотрении при  $Re = 3000$ . Максимальное соотношение  $1/\lambda$ , в трубе с модифицированной зоной, скрученная Лента составляет около 11,6,5,4,7 и 3,4 соответственно для  $TR = 1, 1,5, 2$  и 4.

Изменения коэффициента теплового усиления с числом Рейнольдса при различных  $TRs$  показаны на рисунке 11. Почти все случаи дают более высокий коэффициент повышения температуры, чем гладкая трубка ( $TEF > 1$ ).

$TEF$  имеет тенденцию к уменьшению при увеличении числа Рейнольд-

са для всех TR. Самый высокий TEF трубчатого теплообменника с модифицированной витой лентой находится при TR = 1, Re = 3000 около 1,22. В исследованиях диапазона, модифицированная скрученная лента в трубке дает TEF около 0,96-1,23 в зависимости от значений Re и TR.

Исследуются эффекты прямоугольных перфорированных отверстий на модифицированной витой ленте в трубчатом теплообменнике по отношению длины. LR = 0,30, 0,44, 0,78 и 0,88 модифицированной витой ленты выбирают для исследования одиночного скрученного отношения 1. Конфигурации потока для модифицированной витой ленты на разных LR сообщаются в терминах продольного вихревого потока через тестовый раздел. Разность отношения длины не влияет на структуру потока. Модифицированная витая лента с LR = 0,44 может генерировать профиль потока как LR = 0,88 (см. Рисунок 12).

Температурные распределения в поперечных плоскостях - при различных значениях для трубчатого теплообменника с модифицированной витой лентой представлены на рисунке 13. Все случаи обеспечивают лучшее перемешивание жидкости между сердечником и режимом стенки трубки. Это связано с продольным вихревым потоком, который генерируется из модифицированной витой ленты.

Поведение теплопередачи в терминах локальных распределений числа Нуссельта на стенке круглой трубки с модифицированной витой лентой показано на рисунках 14 (а), 14 (б), 14 (с) и 14 (д) соответственно, для LR =

0,30, 0,44, 0,78 и 0,88 при Re = 10000 и TR = 1, Пик режима теплопередачи (красный контур) находится на краю модифицированной витой ленты для всех случаев. Местный номер Нуссельта на стенке трубки был очень близким для всех случаев.

Тепловые характеристики в трубчатом теплообменнике на разных LR представлены в трех частях: отношение количества Nusselt, коэффициент коэффициента трения и коэффициент теплового усиления. Варианты Nu / NuO с номером Рейнольдса на разных LR показаны на рисунке 15.

Коэффициент числа Нуссельта уменьшается, когда число Рейнольдса для всех значений LR увеличивается. LR = 0,30, 0,44 и 0,78 выполняют приблизительные значения скорости теплопередачи для всего числа Рейнольдса. LR = 0,88 дает меньшую скорость теплопередачи, чем LR = 0,30,

0,44 и 0,78 при  $3000 < Re < 10\ 000$ , но обеспечивает более высокую скорость теплопередачи при  $Re > 10000$ . Наибольшее число Нуссельта найдено при Re = 3000, LR = 0,78 в 3,15 раза выше, чем гладкая трубка.

Изменения коэффициента теплового усиления с числом Рейнольдса на разных LR в трубчатом теплообменнике показаны на рисунке 17. TEF уменьшается с увеличением числа Рейнольдса для всех LR. Использование модифицированной витой ленты с LR = 0,88 выполняет более высокий TEF, чем гладкая трубка (TEF > 1) для всех чисел Рейнольдса. Результаты вычислений показывают, что LR = 0,30 и 0,44 дают верхний TEF при Re < 10000, тогда как LR = 0,78 обеспечивает более высокий TEF при Re < 12 000.

Оптимальный ТЕF составляет около 1,31 при  $LR = 0,78$  и  $Re = 3000$ .

Использование единственной модифицированной витой ленты, вставленной в кольцевой трубчатый теплообменник, может повысить скорость теплопередачи и тепловые характеристики. Максимальный коэффициент повышения температуры составляет около 1,31 при  $LR = 0,78$ ,  $TR = 1$  и  $Re = 3000$ . Для улучшения тепловых характеристик, превышающих приведенные выше результаты, создаются двойные скрученные ленты. Для двойной витой ленты выбраны прямоугольные перфорированные отверстия с  $LR = 0,78$  и  $0,88$  и одиночное скрученное отношение,  $TR = 1$ . Численные результаты в этом разделе представлены в виде структуры потока, поведения теплопередачи и оценки тепловой эффективности.

Двойные витые ленты могут генерировать структуру потока как единственную модифицированную витую ленту; продольные вихревые потоки находятся через испытательную секцию. Продольные вихревые потоки помогают увеличить перемешивание жидкости при рассмотрении температурных распределений в поперечных плоскостях. Двойные модифицированные скрученные ленты дают лучшее перемешивание жидкости, чем одна модифицированная витая лента.

Локальные распределения числа Нуссельта указывают на то, что пик режима теплопередачи выше, чем одиночная модифицированная витая лента. Самая высокая область теплопередачи находится на краю двойных скрученных лент, подобных одной витой ленте.

$Nu / Nu_0$  имеет тенденцию к уменьшению с ростом числа Рейнольдса для всех случаев. Двойная скрученная лента имеет более высокую скорость теплопередачи, чем одиночная витая лента для всех  $LR$ .  $LR = 0,78$  двойной модифицированной витой ленты обеспечивает наивысшую скорость теплообмена примерно 3,6 раза по гладкой круглой трубке без скрученной ленты. Для двойных скрученных лент  $LR = 0,78$  дает более высокое отношение числа Нуссельта, чем  $LR = 0,88$  около 8,33%. При одинаковом соотношении длины  $LR = 0,78$  двойные скрученные ленты выполняют большее число Nusselt, чем одиночная витая лента, около 15,3%.

$f/f_0$  уменьшается с ростом числа Рейнольдса для всех случаев. Двойные скрученные ленты выполняют более высокую потерю давления, чем одиночная витая лента, на обоих значениях  $LR$ .  $LR = 0,78$  выполняет более высокие потери на трение, чем  $LR = 0,88$  для обеих лент. Для двойных скрученных лент коэффициент трения составляет около 12,4-18,0 и 11,0-16,5 раз по гладкой трубке, соответственно, для  $LR = 0,78$  и  $0,88$ . Кроме того, единственная модифицированная витая лента может уменьшить потерю давления по сравнению с двойными витыми лентами.

В общем, ТЕF уменьшается с ростом числа Рейнольдса. Максимальный ТЕF находится при  $LR = 0,78$ ,  $Re = 3000$  двойных скрученных лент около 1,39. В исследованиях диапазона использование двойных скрученных лент в трубчатом теплообменнике дает ТЕF около 0,94-1,39.

Модифицированные скрученные ленты улучшены для увеличения скорости теплопередачи и тепловых характеристик с уменьшением потерь давления в циркуляционном трубчатом теплообменнике. Скрученная лента пробивается прямоугольными отверстиями с различными отношениями длины и вставлена в середину пробирки. Изучены эффекты отношений длин ( $LR = 0,30, 0,44, 0,78$  и  $0,88$ ), скрученные отношения ( $TR = 1, 1,5, 2$  и  $4$ ), а также конфигурации для турбулентного режима  $Re = 3000-20\ 000$ . Численный метод выбирается для изучения характеристики теплопередачи, конфигурации потока и оценки эффективности в пробирке. Основные выводы заключаются в следующем.

(I) Продольные вихревые потоки, создаваемые модифицированной витой лентой, встречаются аналогично обычной витой ленте. Вихревые потоки помогают лучше смешивать жидкость, что приводит к повышению скорости теплопередачи и тепловых характеристик с уменьшением потери давления.

(II) Подобно  $LR$ ,  $TR = 1$  выполняет самую высокую скорость теплопередачи и потери на трение, тогда как  $TR = 4$  обеспечивает обратный результат. Оптимальный коэффициент повышения температуры находится при  $TR = 1$  около  $1,23$ . Большое скрученное соотношение помогает уменьшить потерю давления в отопительной системе.

(III)  $LR = 0,88$  дает наименьшие потери на трение, тогда как  $LR = 0,30$  выполняет противоположный результат. Установлено, что скорости теплопередачи  $LR = 0,30, 0,44$  и  $0,78$  очень близки.  $LR = 0,88$  обеспечивает наименьшее число Нуссельта для  $3000 < Re < 10\ 000$ , но  $LR = 0,88$  дает максимальную скорость теплопередачи при  $Re > 10000$ .  $LR = 0,78$  делает наивысший  $TEF$  при  $Re = 3000$ .  $LR = 0,88$  выполняет  $TEF$  выше, чем гладкая трубка для всего числа Рейнольдса ( $TEF > 1$ ), тогда как  $LR = 0,30, 0,44$  и  $0,78$  дает верхнюю границу  $TEF$  единство при  $Re < 10000$ .

(IV) Двойные модифицированные скрученные ленты дают более высокую теплопередачу и коэффициент повышения температуры, чем отдельные модифицированные витые ленты из-за того, что пик режима теплопередачи на стенке трубы больше. Продольные вихревые потоки, которые генерируются двойными скрученными лентами, встречаются аналогично одиночной витой ленте. Максимальный  $TEF$  находится при  $LR = 0,78, TR=1, Re = 3000$  двойных витых лент.

Это исследование было профинансировано Колледжем промышленных технологий, Технологическим университетом Кинга Монгкута в Северном Бангкоке, Таиланд, и Исследовательским фондом Института Технологий Лангкрабанга Кинга Монгкута.

### **III. ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ**

УДК 622.1

#### **ТЕХНОЛОГИЯ ПОДОГРЕВА ДОБАВОЧНОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОТЛОАГРЕГАТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЭЦ**

**Стерлигов В.В., Адыбаев Д.Е.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Стерлигов В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e - mail: diiman27@mail.ru*

В данной статье представлено предложение по повышению энергоэффективности паросиловой установки (ПСУ) за счёт применения тепловых насосов и использования теплоты конденсата отработавшего пара.

Ключевые слова: ПСУ, энергоэффективность, энтальпия, тепловой насос.

Теплоэнергетика – это отрасль энергетики, в центре внимания которой находятся процессы преобразования тепла в другие виды энергии. Задача теплоэнергетики заключается в изучение тепловых процессов и совершенствования или изобретения новых систем производства тепловой и электроэнергии для нужд населения.

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов).

Технология комбинированного производства электрической и тепловой энергии представляет собой процесс преобразования химически связанного тепла, выделяющегося из топлива при его сжигании, в электрическую и тепловую энергию в паротурбинной установке (ПТУ), основными элементами которой являются котел, турбина, конденсатор и электрический генератор. Рабочим телом в ПТУ являются вода и пар, топливом - уголь, газ. В котле, представляющим собой систему поверхностей нагрева для производства пара из непрерывно поступающей в него питательной воды, в результате химических реакций окисления (горения) органического топлива происходит выделение теплоты, которая передается воде и образуемому водяному пару. Полученный в котле перегретый пар высокого давления поступает в турбину, где его теплота (потенциальная энергия высоких параметров - давления и температуры) превращается в механическую (кинетическую) энергию вращения ротора тур-

бины. С последним связан электрический генератор, в котором механическая энергия превращается электрическую. Отработавший в турбине пар поступает в конденсатор, представляющий собой поверхностный теплообменник с большим числом трубок, внутри которых проходит (циркулирует) охлаждающая вода, подаваемая циркуляционным насосом от гидротехнических сооружений ТЭЦ. В конденсаторе, отработавший в турбине пар, отдает свою теплоту охлаждающей воде, превращаясь в конденсат. Нагретая охлаждающая вода сбрасывается в пруд-охладитель, где за счет испарения с его поверхности охлаждается настолько, насколько она подогрелась в конденсаторе и возвращается в охлаждающий контур турбины. Необходимость отбора теплоты отработавшего пара диктуется требованиями II закона термодинамики, по которому нельзя всё подводимое тепло преобразовать в работу, часть тепла утилизируется («сбрасывается»), для чего и используется конденсатор. Полученный конденсат перекачивается конденсатным насосом через регенеративный подогреватель низкого давления (ПНД) в деаэратор, где освобождается от агрессивных газов (кислорода, углекислоты), вызывающих коррозию оборудования. Сюда поступает химобессоленная добавочная вода от водоподготовительной установки (ВПУ) ТЭЦ, восполняющая потери пара и конденсата в цикле. Из деаэратора вода питательным насосом через регенеративный подогреватель высокого давления (ПВД) подается в паровой котел. Таким образом, замыкается цикл рабочего тела в ПСУ.

Регенеративный подогрев конденсата в ПНД и ПВД за счет использования отборного пара турбины, повышает экономичность ПСУ. Часть пара, отработавшего в турбине, используется для производства тепловой энергии (тепла) для нужд промышленности и населения. Тепло отпускается непосредственно с паром, который расходуется на технологические нужды, и с горячей водой, нагреваемой в бойлерных установках, которая подается на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Для восполнения потерь в системах водоснабжения (горячий водоразбор) осуществляется добавка химически очищенной водой от ВПУ ТЭЦ.

Принцип утилизации тепла, уходящего из технической установки, приводит нас к мысли о возможности использования «сбрасываемого» с охлаждающей водой тепла для подогрева конденсата, возвращаемого в котёл. Но в данном случае нельзя использовать традиционный теплоутилизатор (рекуператор), в котором температура уходящих вторичных ресурсов выше температуры подогрева. Для условий используемой задачи можно использовать особый тип устройства - так называемый «тепловой насос».

Тепловой насос (ТН) – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически тепловой насос аналогичен холодильной машине [1]. Однако, если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осу-

существляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе (рисунок 1) картина обратная.

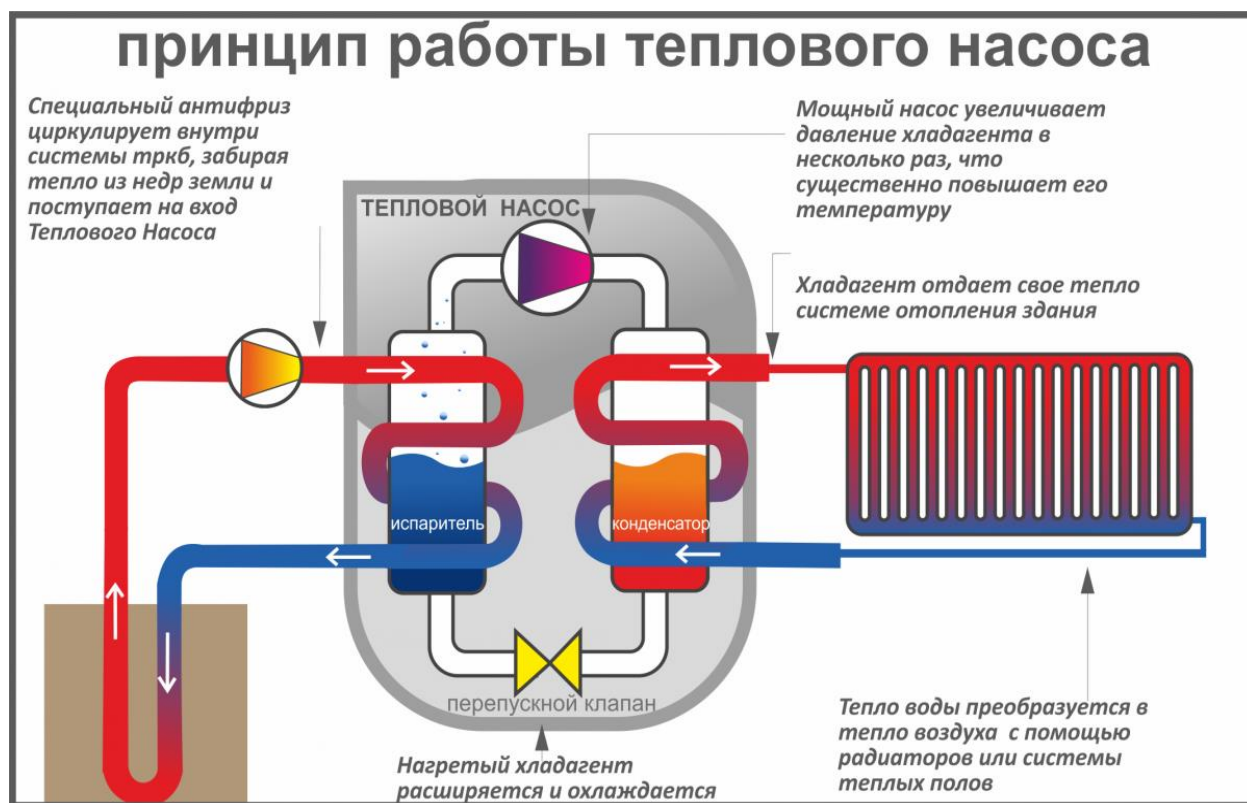


Рисунок 1– Принципа работы теплового насоса

Отбор тепла от охлаждающей воды после конденсатора и перевод этого тепла на более высокий потенциальный уровень с использованием его в цикле ПСУ, приводит к повышению КПД котлоагрегата.

Термический КПД определяется выражением [2]:

$$\eta_t = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_{п.в}}$$

где  $i_1$  – энтальпия перед турбиной ,

$i_2$  – энтальпия после турбины в конденсаторе,

$i_{п.в}$  – энтальпия питательной воды

Как видно из уравнения повышение  $i_{п.в}$  ведёт к повышению  $\eta_t$ .

Существуют различные схемы включения теплового насоса в схему ПСУ чаще всего для использования тепла из конденсата для систем отопления [3]. В настоящей работе предлагается использования этого тепла для повышения энергоэффективности цикла путём подогрева воды, подаваемой в систему химводоочистки (ХВО). Что касается установки теплообменника для подвода тепла, существует два возможных варианта подключения теплообменника теплового насоса перед или после ХВО. Если на процессы очищения вода в цехе ХВО должна быть подогрета, то выбирается компоновка подключения насоса перед ХВО, если нет, то после ХВО как показано

на рисунок 2.

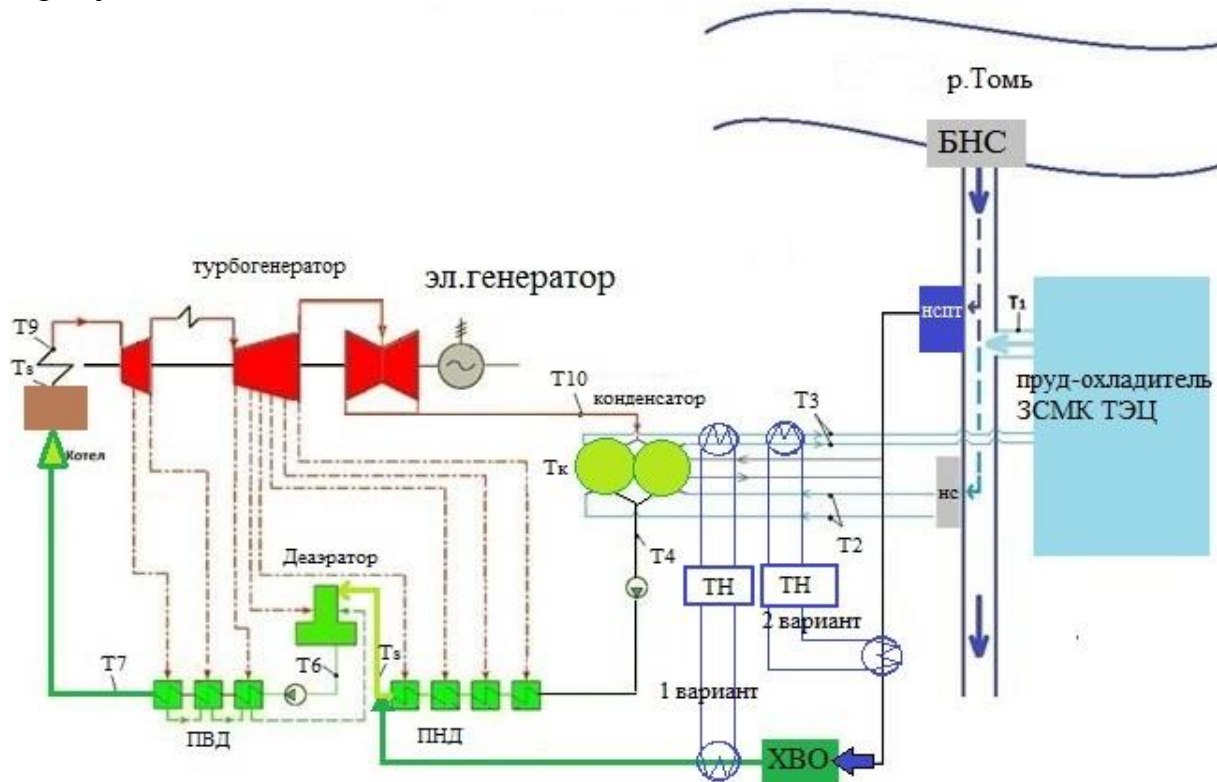


Рисунок 2 – Схема подключения теплового насоса (ТН) в цикл ПСУ

Температура исходной воды зависит от места забора воды. Для нормальной работы водоочистки температура перед ней должна быть  $25...40^{\circ}\text{C}$  (зависит от схемы химводоочистки). Поэтому перед химводоочисткой вода должна быть нагрета горячей водой из котла в водоводяном теплообменнике. После ХВО температура воды на  $0...5^{\circ}\text{C}$  ниже температуры воды перед ней. Для нормальной работы деаэратора после ХВО устанавливают водоводяной теплообменник. Учитывая это, наиболее выгодным вариантом подключением теплового насоса, будет 2 вариант (подогрев воды перед цехом химводоочистки).

В конденсатор обычно поступают перегретые пары теплоносителя, которые охлаждаются до температуры насыщения и конденсируясь, переходят в жидкую фазу. Для конденсации пара необходимо отвести от каждой единицы его массы теплоту, равную удельной теплоте конденсации. В зависимости от охлаждающей среды (теплоносителя) конденсаторы могут быть разделены на следующие типы: с водяным охлаждением, с водо-воздушным (испарительным) охлаждением, с воздушным охлаждением, с охлаждением кипящим холодильным агентом в конденсаторе-испарителе, с охлаждением технологическим продуктом [4]. Выбор типа конденсатора зависит от условий применения. На ТЭЦ чаще всего используется водяное охлаждение конденсатора, когда вода проходя по трубкам расположенным в рабочей среде конденсатора забирает тепло пара тем самым охлаждая его после чего нагретая охлаждающая вода с температурой  $t=30-35^{\circ}\text{C}$  сбрасывается в пруд -



охладитель и не как не используется в цикле ПСУ.

#### Библиографический список

1. Каплан А.М. Тепловые насосы, их технико-экономические возможности и области применения. Работы ЦКТИ. Кн. 4, вып. 1.- М.- Л.: Машгнз, 1947, с. 3 - 30.
2. Кушнырёв В.И. и др. Техническая термодинамика и теплопередача. - М.: Стройиздат. 1986. – 464с.
3. Ундриц Г.Ф. Использование холодильных машин для целей отопления. - Изв. Энергет. ин-та нм. г. М. Кржижановского, 1933, т. 1, – 132с.
4. Теплотехника А.М. Архаров, С.И. Исаев, И.А. Кожин и др.; Под общ. ред. В.И. Крутова. М., 1986.-432 с.

УДК 504.06:341.24

## УГЛЕРОДНЫЙ НАЛОГ – ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД?

Александрова О.А.

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Михайличенко Т.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail:olecka.alexandrova@yandex.ru*

Данная работа посвящена решению одной из самых важных на сегодняшний день экологических проблем мирового масштаба - снижению выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: выбросы, парниковые газы, углеродный налог, Сибирь, Парижский саммит.

Причины глобальных процессов, приводящих к изменению климата на нашей планете, связаны с современными технологиями, которые оказывают неблагоприятные воздействия не только на климат, но и на живые организмы при выбросе парниковых газов в атмосферу, приводящих к возникновению парникового эффекта.

Парниковый эффект – это свойство атмосферы пропускать солнечную радиацию (ультрафиолетовое излучение) и частично задерживать земное (инфракрасное) излучение, тем самым позволяя накапливать тепло Землей, средняя температура поверхности которой в настоящее время составляет около 15 °С. При этой температуре атмосфера и поверхность планеты находятся в тепловом равновесии.

Парниковый эффект вызывают водяной пар (H<sub>2</sub>O), диоксид углерода (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), закись азота (N<sub>2</sub>O), тропосферный озон (O<sub>3</sub>) и некоторые другие газы. Ведущее место среди парниковых газов занимает углекислый газ. Наиболее высокие уровни выброса CO<sub>2</sub> имеют электростанции, работающие на угле. Концентрация CO<sub>2</sub> в атмосфере ежегодно возрастает, что вле-

чѐт за собой рост среднегодовой температуры. Меры, принимаемые для уменьшения выбросов, не меняют роста мировых тенденций антропогенного влияния на природу.

А виной тому крупные экономики мира, обеспечивающие свой рост за счѐт пренебрежения экологическими нормами. Китай и США – чемпионы по выбросам углекислого газа. Всѐ больше парниковых газов производят развивающиеся страны, а именно, Индия.

В 1997 году был подписан Киотский протокол – международное соглашение о сокращении выбросов парниковых газов в атмосферу для сдерживания глобального потепления.

При этом Индия и Китай под действие Киотского протокола не попадали, так как входят в категорию развивающихся стран. США, подписав протокол, ратифицировать его, однако, не спешили. В результате Киотское международное соглашение становится несправедливым по отношению к тем странам, которые добровольно решили сокращать выбросы. По этой причине из Киотского соглашения вышли канадцы и японцы.

Киотский протокол не оправдал надежд ещё и потому, что регулировать рынок в экологической области оказалось невозможным [1].

В Париже в декабре 2015 года состоялся климатический саммит. Это уже 11-я конференция в рамках совещания сторон по Киотскому протоколу.

Целью конференции являлось подписание международного соглашения по значительному сокращению глобальных выбросов парниковых газов в максимально сжатые сроки для сдерживания процесса глобального потепления с тем, чтобы не допустить повышения температуры воздуха выше 2 градусов по Цельсию.

Был создан проект документа, в котором предлагалось создать на территории Сибири безуглеродную зону.

Это предполагает отказ от угольной энергетики, заменой которой станут альтернативные источники энергии. Но это только одна сторона вопроса. С другой стороны, возникает целый комплекс негативных последствий, которые могут проявиться как на экономике, так и на населении. Кроме этого, на конференции было предложено ввести углеродный налог и создать совместные международные «безуглеродные» предприятия. Для реализации идеи безуглеродной зоны углеродный налог на выбросы парниковых газов предполагается ввести в 2020 году в размере 15 долларов США за тонну CO<sub>2</sub> и к 2030 году увеличить его до 35 долларов.

Расчѐты показывают, что при размере налога в 15 долларов и среднем курсе 60 рублей за доллар цена электроэнергии на рынке увеличится с 2,5 рублей за кВт\*ч (средняя цена в 2017 г.) до почти 3,5 рублей за кВт\*ч - это больше, чем в два раза. Конечная средняя цена на электроэнергию увеличится с 4 до 5 рублей за кВт\*ч. Следовательно, налог в 35 долларов увеличит конечную цену на электроэнергию в 2 раза.

Цены на тепло также поднимутся. Тарифы вырастут на 40 % при угле-

родном налоге в 15 долларов, и почти вдвое при налоге в 35 долларов. Для того, чтобы покрыть этот рост, планируют постепенно перейти на гидро-, атомные и газовые предприятия. Однако этот переход будет долгим и негативно отразится на благосостоянии жителей Сибири. Кроме того, обозначенный уровень углеродного налога не покроет расходов на модернизацию отрасли.

По расчетам экспертов, при налоге в 15 долларов в Сибири будет ежегодно собираться приблизительно 1,65 млрд. долларов. А для постройки новых заводов и станций нужно около 160–180 млрд. долларов. Чтобы накопить такую сумму, налог придется собирать на протяжении столетия.

Не все успешно и с альтернативными источниками энергии, которыми хотят заменить угольную генерацию. Гидроэнергетика связана с сезонными и климатическими изменениями, и на сегодняшний день в условиях маловодности рек недостающие мощности ГЭС восполняются за счет угольных станций. Атомные электростанции при всех уровнях защиты влекут серьезные экологические риски и заодно с энергией производят радиоактивные отходы. Наконец, нельзя не отметить и о социальных последствиях введения безуглеродной зоны. Снижение уровня позиционирования на рынке угледобывающих компаний обернется ростом безработицы и падением социальной инфраструктуры городов и поселков Сибири.

По оценке губернатора Кемеровской области Амана Тулеева, углеродный налог приведет к кризису во всех отраслях, связанных с угольной промышленностью, закрытию десятков шахт и разрезов, сокращению 140 тыс. шахтеров и росту тарифов на энергоресурсы в Сибири в 2–3 раза [2].

Эксперты считают, что саммит не оправдал надежд, поскольку искали пути сокращения выбросов, не трогая неограниченной власти элит, основывающихся на безраздельном господстве частной собственности и действующих ради одной цели: увеличения прибыли. Свои эгоистические интересы они в любом случае поставят выше интересов природы и людей. Они будут стараться удержать своё мировое господство любой ценой, даже если эта цена – уничтожение жизни на Земле.

Без устранения этой ключевой несправедливости, остановить катастрофическое изменение климата невозможно. И потому, по прогнозам экспертов, саммит провалится, как провалился Киотский протокол, не сумевший сократить выбросы до нужного уровня.

Общим недостатком всех международных соглашений по остановке изменений климата является то, что умалчивают о необходимости ограничения роста избыточного потребления ресурсов развитыми странами и ограничения сверх потребления наиболее богатых. Без решения этой системной проблемы бессмысленно говорить об уменьшении техногенного воздействия на Природу.

19 августа 2016 Правительство России отказалось от создания безуглеродной зоны в Сибири, опасаясь роста административной и финансовой нагрузки на региональный бизнес, а также снижения конкурентоспособности угольной отрасли. Губернатор Кемеровской области Аман Тулеев назвал ее

"крестовым походом против угля".

Рассмотрев все доводы, Правительство пришло к выводу, что идея безуглеродной Сибири не имеет под собой достаточно веских оснований. От нее решено отказаться и закрыть эту тему [3].

#### Библиографический список

1. Энергоресурсы и их структура [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://samzan.ru/92823> - (Дата обращения 13.03.2018).

2. Статья - Эксперты усомнились в перспективах создания безуглеродной зоны в Сибири [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.dela.ru/articles/176183/>- (Дата обращения 13.03.2018).

3. Ю. А. Лисовский, А. Н. Самарин, Л. К. Фионова Почему провалился климатический саммит в Париже? [Электронный ресурс] // Режим доступа: [http://www.zanauku.ru/index.php?Itemid=35&id=10138&option=com\\_content&task=view](http://www.zanauku.ru/index.php?Itemid=35&id=10138&option=com_content&task=view) - (Дата обращения 13.03.2018).

УДК 622.33:658.567.1

## НЕТРАДИЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ

**Венгер М.К., Королёв Н.А.**

**Научный руководитель: Грибанова Г.И.**

*г. Кемерово*

Уголь – осадочная горная порода, образованная в процессе разложения органического вещества древних растений в анаэробных условиях [1]. В составе ископаемых углей можно выделить три принципиальных составляющих: органическая масса, минеральные примеси и влага. Наибольшую ценность представляет органическое вещество угля (так называемая «горючая масса»), тогда как минеральные компоненты и влага удаляются в процессе обогащения и формируют отходы добычи и переработки углей.

Для общего обозначения твердых отходов добычи, обогащения и переработки твердых горючих ископаемых (сланцев, торфа, углей, антрацита) используется термин «углеотходы» [2]. Наибольшее количество углеотходов образуется при добыче углей, объемы которых могут достигать 10 т на 1 тонну добытого угля. Конкретные значения зависят от геологических особенностей разрабатываемых месторождений и применяемых технологий добычи. В процессе обогащения углей выход отходов составляет 0,2-0,4 т на 1 тонну угля. Также углеотходы в виде золы и шлаков генерируются и при энергетическом использовании угля. Другие процессы переработки практически не сопровождаются образованием твердых отходов.

Угольные отходы по большей части состоят из минеральных частиц,

которые во многих случаях представлены в виде сростков, что значительно затрудняет их отделение от органической массы физическими методами.

К главным неорганическим компонентам углей относятся соединения алюминия, кремния, железа, серы и других золообразующих элементов (Ca, Mg, Na, K).

*Алюминий* обычно присутствует в виде полевых шпатов и глинистых минералов (каолинит, монтмориллонит и иллит). Именно глинистые минералы определяют большинство важных технологических свойств углеотходов (например, размокаемость и пластичность), а также продуктов, которые могут быть получены при их утилизации методами термообработки.

*Кремний* встречается главным образом в виде кварца и в составе алюмосиликатов. Содержание кварца определяется либо методом дериватографии, либо методами рентгенофазового анализа.

*Железо* представлено собственными минералами, главным образом пиритом и небольшими количествами марказита, карбонатами, сульфатами и незначительным количеством оксидов и гидроксидов. Железо также содержится в некоторых алюмосиликатах (например, вермикулит и глауконит).

*Сера* в основном сосредоточена в угле в виде  $\text{FeS}_2$  (до 80% от общего содержания серы) и в значительно меньших количествах в виде сульфатов железа, кальция, и магния. Кроме того, сера может входить и в состав органической массы угля.

*Кальций и магний* содержатся в виде карбонатов (кальцит, доломит, магнезит), сульфатов и входят в состав алюмосиликатов. Калий и натрий сосредоточены главным образом в алюмосиликатах, но их концентрация обычно не выше 2-3%.

В отходах угледобычи и обогащения обнаружены многочисленные примеси других элементов, но их содержание редко превышает 0,5-1%.

Традиционным направлением использованием углеотходов является их применение для строительства дорог и изготовления строительных материалов (наполнители для пенобетона, шлакоблоки). В то же время, на данный момент разработаны, изучены в лабораторных, стендовых или полупромышленных установках и предлагаются к внедрению альтернативные способы утилизации отходов угольной промышленности [3, 4].

Целесообразность промышленного использования зависит как от состава и свойств конкретных углеотходов, так и технико-экономических показателей технологического процесса в сравнении с базирующимися на первичном минеральном сырье [5].

Одной из потенциально наиболее крупных и масштабных областей использования углеотходов может стать производство соединений алюминия. При этом необходимо учитывать принцип комплексной переработки, предусматривающей получение не только товарных соединений алюминия, но и других компонентов.

Для производства алюминия в основном используется один из наиболее

распространенных элементов земной коры, бокситового сырья. Определенные условия генерации твердого ископаемого топлива приводят к увеличению содержания алюминия из-за уменьшения содержания кремния в вмещающих породах. Высокоглиноземистые отложения, расположенные выше или внутри угольных пластов, переносятся в отходы добычи таких углей. Углеродные отходы могут использоваться в качестве добавки к низкокачественным или даже субстандартным бокситам с высоким содержанием железа.

Проблема использования минеральной части углей для производства глинозема привлекает внимание исследователей уже в течение многих десятков лет. Предложенные способы можно разделить на 4 группы [2]:

1. процессы, основанные на спекании углеотходов с щелочными реагентами (известняком, содой и др.);
2. кислотное разложение углеотходов;
3. гидрохимическое обогащение углеотходов с получением концентратов, перерабатываемых методами алюминиевой промышленности;
4. термообработка в восстановительной среде с получением сплавов алюминия с кремнием и железом или концентратов с содержанием алюминия более 60 %.

Высокоглиноземистые породы, залегающие непосредственно в угольных пластах, которые добываются вместе с углем и поступают дальнейшую переработку представлены в подавляющем большинстве случаев каолинитом. Из подобных углеотходов перспективным является получение коагулянтов на основе сульфата или гидроксохлорида алюминия для очистки питьевых или сточных вод.

Для получения основного хлорида алюминия, который коагулирующему действию превосходит сульфат, применяют соляную кислоту для выщелачивания алюминия с последующим гидролизом хлорида алюминия до гидроксохлорида.

Еще одним нетрадиционным направлением утилизации углесодержащих отходов добычи, обогащения углей, а также зольных уносов сжигания является их использование как компонентов удобрений или самостоятельных биостимуляторов. Зольные уносы, отходы добычи и обогащение твердых горючих ископаемых содержат множество биологически активных микроэлементов, одни из которых необходимы, а другие вредны для растительного и животного мира.

Углистые породы представляют интерес для использования при мелиорации рыхлых песков. При компостировании флотационных хвостов с навозом резко повышается содержание аммиачного азота и содержание подвижных гуминовых кислот.

Весьма интересное направление с точки зрения утилизации сернистых углеотходов, хранение которых сопровождается наибольшим загрязнением окружающей среды, – это применение их вместо серосодержащих компонентов удобрения (гипса, серы, и т.д.).

Основные соединения серы в углях – это дисульфиды железа пирит и марказит со значительным преобладанием первого. Поскольку плотность сульфидов значительно выше плотности остальных компонентов углей, следует ожидать их существенного концентрирования в высокозольных продуктах гравитационного обогащения. По ориентировочной оценке, в твердые отходы углеобогащения большинства месторождений переходит не более 30% количества серы в исходном угле.

В течении ряда лет осуществлялось получение пиритных концентратов при обогащении в тяжелосредних сепараторах углей (класса +25мм). Эти концентраты использовались для производства серной кислоты, при переработке окисленных никелевых руд как сульфидизаторы и восстановители на заводах цветной металлургии.

Возможность использования твердых отходов добычи и обогащения углей для технической рекультивации во многом зависит от их литологического состава. С учетом этого показателя подавляющая масса углеотходов пригодна для технической рекультивации. Повышение агрохимических свойств рекультивируемого почвенного слоя достигается во многих случаях добавлением к вскрышной породе золошлаковых отходов, особенно зольных уносов, уловленных в электрофильтрах. Сельскохозяйственная продукция, полученная на почвах, удобренных углистыми породами, удовлетворяет всем санитарно-эпидемиологическим требованиям.

#### Библиографический список

1. Горная энциклопедия. В 5 т. Т. 5. СССР – Яшма. / Под ред. Е.А. Козловского. – М.: Советская энциклопедия, 1991. – 541 с.
2. Шпирт М.Я. Использование твердых отходов добычи и переработки углей / М.Я. Шпирт, В.Б. Артемьев, С.А. Силютин. – М.: Горное дело, 2013. – 432 с.
3. Зоря В.Н. Исследование техногенных отходов черной металлургии, в том числе отходов от обогащения и сжигания углей, и разработка технологий их переработки: дис. канд. техн. наук: 05.16.07. – Новокузнецк, 2015. – 207 с.
4. Федотов К.В., Никольская Н.И., Власова В.В. Экономические и технологические решения проблемы золоотвалов ТЭС // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) – 2003. – № 8. – С. 234-236.
5. Васючков Ю.Ф. Горное дело: учебник для горных техникумов. – М.:Недра, 1990. – 511 с.

## **ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ г. КАЛТАН ОТ ПАО "ЮЖНО-КУЗБАССКАЯ ГРЭС"**

**Горбунов А.С., Сорокина Л.Н., Кузина О.П.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Коротков С.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: lelya-kuzina.94@mail.ru*

Проведена оценка уровня загрязнения атмосферы г. Калтан от ПАО "Южно-Кузбасская ГРЭС".

Ключевые слова: загрязняющие вещества, источники выделения вредных веществ, санитарные нормы, котлоагрегаты, золоулавливающие установки.

Южно-Кузбасская ГРЭС является основным источником централизованного электро- и теплоснабжения промышленных предприятий и жилого сектора городов Калтан и Осинники. Установленная электрическая мощность ЮК ГРЭС составляет 563 МВт, тепловая 506 Гкал [1].

Источниками выделения вредных веществ в атмосферу на станции являются: открытый склад угля; энергокотлы ПК-10; резервуары для хранения мазута и масла; зарядка аккумуляторов; окрасочные участки; сварочные посты; кузнечный горн; газогенераторная ацетиленовая станция; металлообрабатывающие и деревообрабатывающие станки; въезд-выезд автотранспорта; золоотвалы № 1 и № 2.

Согласно технико-экономическим показателям работы ПАО "Южно-Кузбасская ГРЭС" годовой расход топлива (уголь и промпродукт) и растопочного мазута на один котел составляет соответственно 203303 т/год и 333,3 т/год, а в целом для всех 11 котлов используется 1655508 т угля и промпродукта, 3000 т мазута [4].

Основным источником загрязнения атмосферы являются энергокотлы, склад угля и золошлакоотвалы.

За последние пять лет на предприятии проведены следующие мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

1. Ремонт оборудования топливоприготовления с целью безаварийной подачи угля и соблюдения технологического режима работы котлоагрегатов. Выполнен ремонт мельниц, тягодутьевых аппаратов.

2. Ремонт золоулавливающих установок, горелочных устройств на котлоагрегатах.

3. Реконструкция золоулавливающих установок котлоагрегата №11 с установкой эмульгаторов второго поколения. Установлен эмульгатор второго поколения с КПД -99,2 %. Реконструкция котлоагрегата №11.

4. Отсыпка суглинком 30-и метровой зоны не разбираемой части пляжа секций №1, №2, золошлакоотвала №2.



5. Заполнение склада сухих золошлаков на золоотвале №1 проводится поэтапно - в три блока.

6. Сухая поверхность отвала укрыта слоем суглинка.

7. Выполнена прокладка трубопровода вдоль разделительной дамбы золоотвала №2 для подключения дождевальных установок, дополнительно трубопровод укомплектован переносными устройствами на базе пожарных рукавов и гидрантов с целью мобильной переустановки разбрызгивателей .

Реализация проведенных мероприятий способствовали достижению следующих показателей загрязнения атмосферы в 2017 году:

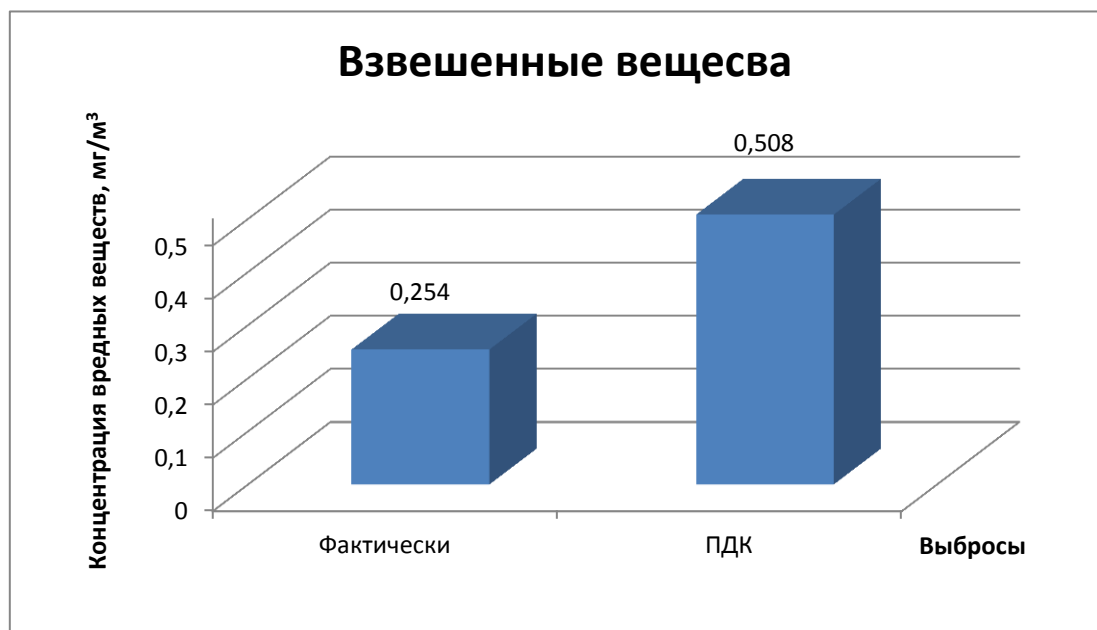


Рисунок 1 - Выбросы взвешенных веществ в атмосферу

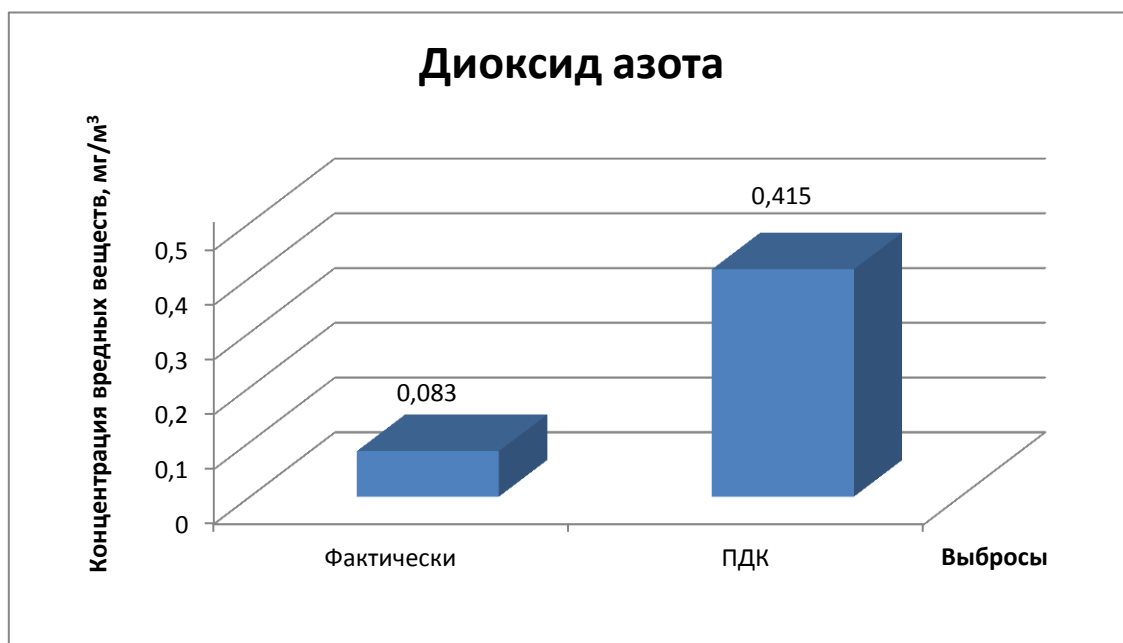


Рисунок 2 - Выбросы диоксида азота в атмосферу

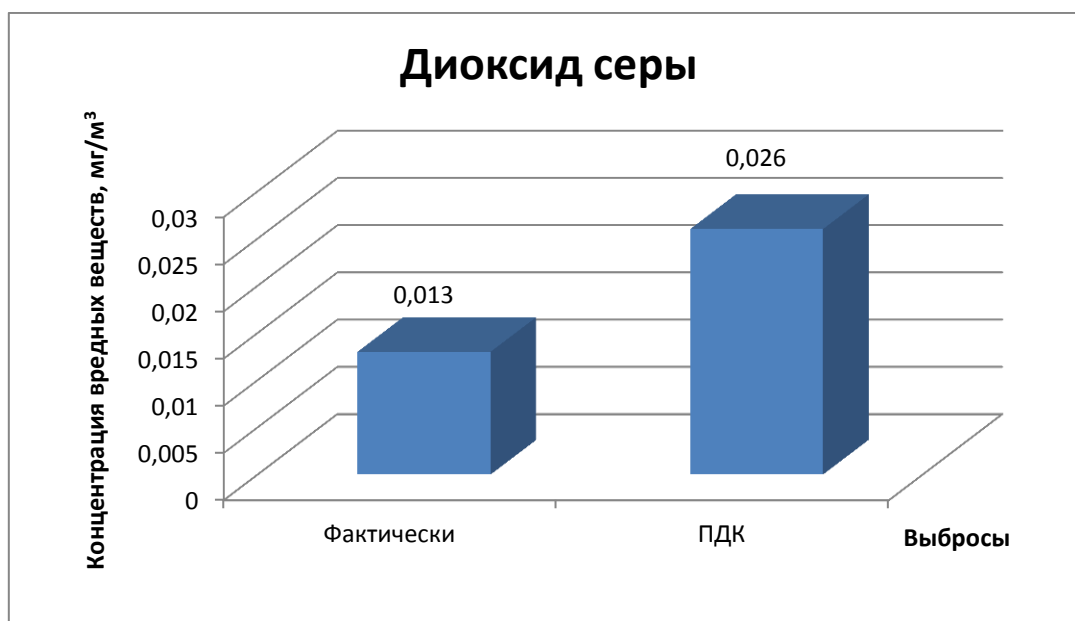


Рисунок 3 - Выбросы диоксида серы в атмосферу

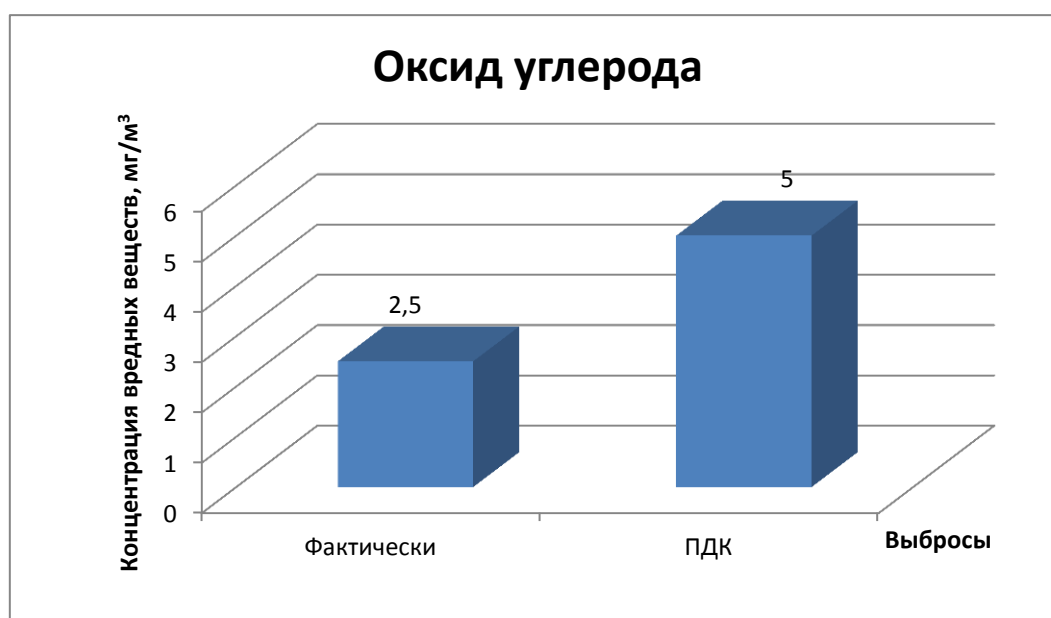


Рисунок 4 - Выбросы оксид углерода в атмосферу

Анализ представленных данных показал, что ни по одному из загрязняющих веществ не наблюдается превышения санитарных норм [2].

Вывод: Проведена оценка уровня загрязнения атмосферы г. Калтан от Южно-кузбасской ГРЭС. Согласно результатам расчетов загрязнения атмосферы, выбросы всех загрязняющих веществ соответствуют нормам ПДК, что свидетельствует о том, что мероприятия по сокращению выбросов эффективны.

#### Библиографический список

1. Акт по ЮК ГРЭС (комплексная) исправленный [Текст] / согл. С. П. Мирошниковым.— Калтан, 2013. – 7 с.

2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. — М. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. — 97 с.

3. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное).-СПб, НИИ Атмосфера, 2012.

4. Паспорт ЮК ГРЭС [Текст] / согл. С. Н. Помыткин, утв. К.Б. Вахитов. – Калтан, 2004. – 48 с.

УДК 628.54

## **УМЕНЬШЕНИЕ БПК И НИТРАТ ИОН НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ Г.ОСИННИКИ**

**Абрамова Е.А., Сорокина Л.Н., Росс Д.Е.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, профессор Коротков С.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: dayanaross1011@mail.ru*

Проведено исследование уменьшения ингредиентов сточных вод в очистных сооружениях г. Осинники: биологическое потребление кислорода (далее БПК) и нитрат ион.

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, БПК, нитрат ион, нитрификация, денитрификация, флотация.

Сточные воды - это пресные воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения. Живая вода рек и морей обладает замечательной способностью очищать сбрасываемые стоки. Однако, - до определенных пределов, переступить которые крайне не желательно, так как вода не просто уже не очищается, а переходит в качественно иную категорию с другими сообществами бактерий, химизмом, физическими и биологическими свойствами, крайне неблагоприятными для живых существ [1].

Рассмотрим сточные воды в Осинниковском городском округе.

На рисунке 1 представлена иллюстрация динамики изменения концентраций ингредиентов, превышающих предельно допустимые концентрации, в сточных водах [2, 3].

Из представленных данных видно, что есть превышения предельно допустимых концентраций нитрат ион и БПК полное в сточных водах. При рассмотрении содержания до и после очистки Нитрат ион можно увидеть, что большое содержание нитратов образуется в процессе очистки сточных вод.

Для уменьшения Нитрат ион рассмотрим процессы образования нит-

ратов при очистке сточных вод. Первая стадия – образование иона аммония из органических соединений. Этот процесс называется аммонификацией и осуществляется ферментами, продуцируемыми микроорганизмами. Азот используется для роста микроорганизмов, и таким образом часть неорганического азота переходит во вновь образующиеся бактериальные клетки. При большом возрасте ила и достаточно высокой температуре происходит устойчивое накопление нитрифицирующих бактерий, и аммонийный азот окисляется сначала до нитритного, а затем до нитратного.

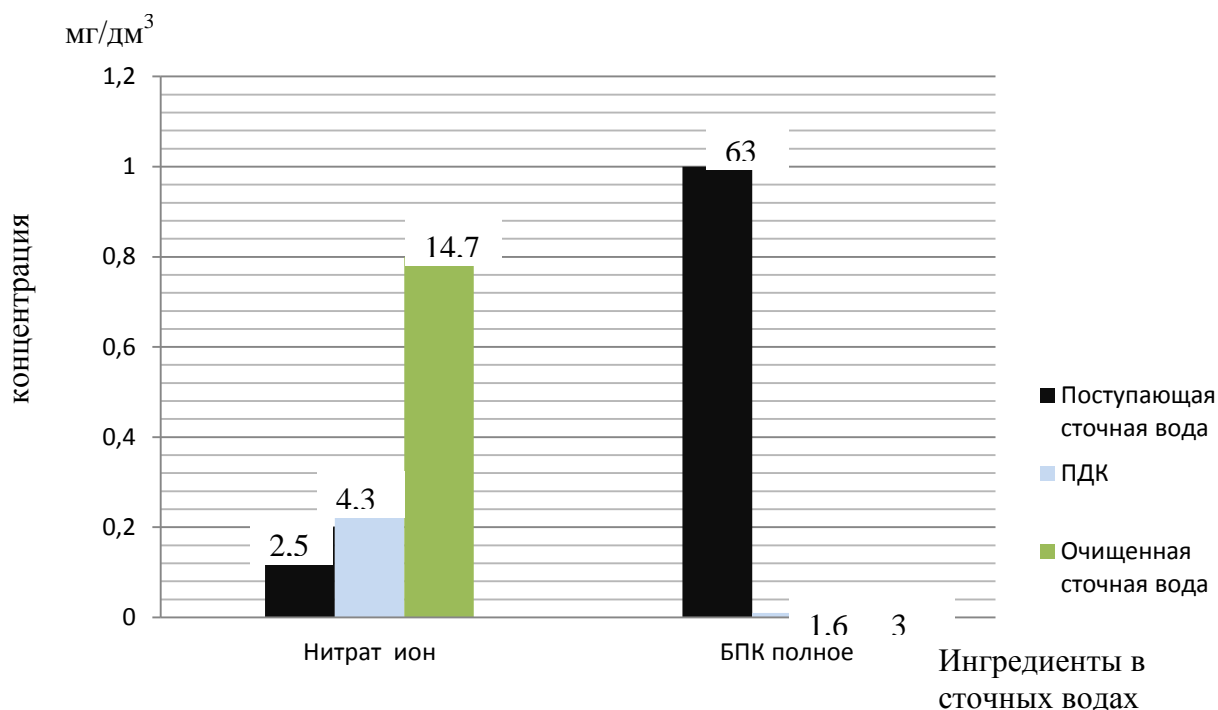


Рисунок 1 – Содержание БПК и нитрат ион сточных вод г. Осинники в 2017 году

Вторая стадия называется нитрификацией и осуществляется только при наличии растворенного кислорода. Образовавшийся нитратный азот сначала восстанавливается в нитритный азот  $\text{NO}_2$ , затем – в закись азота  $\text{N}_2\text{O}$  и, наконец, в молекулярный азот. Эта третья стадия называется денитрификацией и протекает в отсутствие кислорода при наличии органических соединений.

Большинство бактерий-нитрификаторов – облигатные аэробные микроорганизмы, автотрофы, которые нуждаются в кислороде, так как получают энергию за счет окислительно-восстановительных реакций.

Сточные воды содержат различные виды микроорганизмов, способных к осуществлению процесса денитрификации. Денитрифицирующие бактерии – гетеротрофные организмы, которые в качестве источника углеродного питания способны использовать широкий спектр органических соединений.

Однако процесс денитрификации осуществляется только, когда растворенный кислород отсутствует или его концентрация невелика.

Для того чтобы процесс денитрификации проходил удовлетворительно в сточных водах должно присутствовать достаточное количество органических соединений.

БПК – величина, определяющая концентрацию органики в сточных водах. Оно выражается в количественных показателях кислорода, которое было израсходовано при окислительных анаэробных процессах, с обязательным «участием» кислорода, под действием микроорганизмов в исследуемой жидкости.

Предварительная обработка сточных вод перед биологической очисткой, например, первичное отстаивание и прочее уменьшает отношение БПК/общий азот за счет удаления части органических соединений при этих процессах. Так же БПК можно уменьшить за счет внесения биопрепаратов в аэротенк либо установки флотатора [4].

В нашем случае для уменьшения БПК можно использовать флотационный метод очистки перед биологической очисткой. Этот метод менее затратный. Флотация относится к группе физико-химических методов очистки, что подразумевает применение принципов и технологий, основанных одновременно на физических и химических принципах. Флотационная технология максимально эффективна при системной очистке, в качестве этапа, идущего после механического удаления загрязнений. *Флотационный метод очистки* обеспечивает снижение значений БПК и ХПК, удаление механических примесей, загрязнений (растворенных и коллоидных), удаление летучих компонентов и растворение в воде кислорода воздуха [5].

При уменьшении БПК перед аэротенк уменьшиться и нитрат ион при процессе денитрификации.

Вывод: Для уменьшения БПК и нитрат ион на очистных сооружениях г.Осинники можно использовать флотационный метод очистки перед биологической очисткой.

#### Библиографический список

1. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсей Й. и др. «Очистка сточных вод: Биологические и химические процессы». Пер. с англ. Учебное пособие.-МИР 2004.
2. Протокол испытаний № 53.– Осинники: МУП ОГО «Водоканал», 2017. – 2 с.
3. Журнал учета качества сбрасываемых сточных вод.– Осинники: МУП ОГО «Водоканал», 2017. – 180 с.
4. Е.С.Гогина, «Удаление биогенных элементов из сточных вод»: Монография/ГОУ ВПО Моск. гос. Строит. ун-т. – М.: МГСУ, 2010. – 120 с.
5. Алексеев Л.С., Гладков В.А., «Улучшение качества мягких вод» - М.: Стройиздат, 1994.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Александрова О.А.

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Михайличенко Т.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: olecka.alexandrova@yandex.ru*

В статье рассматривается влияние транспорта на окружающую среду, его пагубное воздействие загрязняющими веществами.

Ключевые слова: транспорт, вредные вещества, выбросы, загрязнение.

Рост численности населения на планете и интенсификация человеческой деятельности в связи с научно-технической революцией неминуемо приводят к резкому росту антропогенного влияния на окружающую среду [1].

Антропогенное загрязнение - это загрязнение, обусловленное деятельностью человека.

Источники антропогенного загрязнения бывают стационарными и передвижными.

Стационарный источник загрязнения - это предприятие, цех, агрегат, установка или другой неподвижный объект, который сохраняет свои пространственные координаты в течение определенного времени и осуществляет выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и сбросы загрязняющих веществ в водные объекты.

К передвижным источникам загрязнения относятся все виды транспорта (за исключением трубопроводного): автомобили, самолеты, железнодорожный и водный транспорт, тракторы и другие сельскохозяйственные машины.

Среди популярных видов транспорта по объёму атмосферных загрязнений лидирует автомобильный. Особенно остро ситуация стоит в Москве, Санкт-Петербурге, Краснодаре и других крупнейших городах России. Ведь каждый пятый житель «миллионников» имеет собственную машину, которую эксплуатирует ежедневно.

Факторы влияния автотранспорта на экологию:

- загрязнение воздуха выхлопами – 95 % от общего объёма выбросов;
- шумовой «мусор» – 50 %;
- общее воздействие на климат – 70 %.

Большинство современных автомобилей используют бензин. Одна тонна горючего в процессе сгорания выделяет до 800 кг вредных веществ. Если двигатель работает на этилированном бензине, то в воздух будет падать свинец, который легко оседает вниз и загрязняет почвы. Опасный металл оказывается в земле, затем аккумулируется в растениях, далее отправляется в организм животного или человека. Постепенно накапливаясь в клетках, он может стать причиной тяжёлых болезней, включая онкологию.

Автомобили выбрасывают в воздух до трёхсот вредоносных химических веществ и соединений: оксиды азота, формальдегиды, бензолы, сернистые ангидриды, бензапирен, сажу и другие твёрдые частицы.

Во время трения шин об асфальт в воздух попадает мелкая, но вредоносная резиновая пыль. Она проникает в дыхательные органы живых существ (в том числе, человека) и ухудшает общее состояние здоровья.

Машины не только выбрасывают в атмосферу вредные вещества, но и поглощают такой важный для живых организмов кислород. Всего один автомобиль за год регулярной эксплуатации уничтожает свыше 4 тонн кислорода.

Своими выхлопами автомобили вредят не только природе. Есть такое понятие как «шумовое воздействие». Его источник – работающий двигатель.

Уровень шумового фона измеряется в децибелах. Для человека данный показатель не должен превышать отметки в 40 дБ. Однако современный город с тысячами автомобилей оглушает нас всеми 100 и более дБ.

Загрязнение окружающей среды шумом приводит к психическим и нервным расстройствам, снижению слуха, постоянному чувству усталости [2].

Воздействие железнодорожного транспорта на экологию сказывается в большом количестве механических твёрдых отходов, а также теплового излучения и вибраций, негативно влияющих на живых существ.

Наши поезда и прочие объекты отрасли ежегодно потребляют:

- 7 % от всего добываемого в России топлива;
- 6 % электроэнергии;
- до 4,5 % лесных ресурсов.

Железнодорожное хозяйство также является источником опасности для почвенных и водных ресурсов. Ведь в результате деятельности каждого локомотивного депо остаются производственные сточные воды. Они содержат нефтепродукты, бактериальную грязь, взвешенные частицы, кислоты, щёлочи, поверхностно-активные вещества. Это всё легко попадает в землю и воду, отравляя их.

Многие считают водный транспорт экологически чистым, но это не так. Загрязнение в данном случае происходит двумя путями:

- морские и речные суда ухудшают состояние биосферы за счёт отходов эксплуатационной деятельности;
- периодически случающиеся аварии на судах с токсичными грузами (нефть и нефтепродукты) являются причинами настоящих экологических катастроф.

Большой процент вредных веществ сначала попадает в атмосферу, а потом, вместе с осадками, проникает в воду.

На танкерах, занимающихся нефтеперевозкой, регулярно делают промывку ёмкостей. Цель – удалить остатки ранее перевозимого груза. Итог – чрезвычайно грязная вода, насыщенная нефтяными остатками. Не задумываясь о наносимом ущербе, её просто выливают за борт. Это настоящий яд для водной флоры и фауны.

Одним из наиболее экологически безопасных видов транспорта считают самолёты. И это заблуждение. Ведь воздействие авиасудов на атмосферу несоизмеримо с другими способами перемещения в пространстве.

Основные факторы негативного влияния авиатранспорта на экологию:

- вредные выбросы двигателей;
- высокий шумовой «вброс»;
- звуковые удары (характерно для полётов на сверхзвуковых скоростях).

Все вредоносные выбросы, исходящие от самолётов и вертолётов, находятся в максимальной близости от озонового слоя. И, соответственно, разрушают его намного интенсивней, чем те, что исходят от нашей планеты.

Состав этих выбросов таков:

- около 70% – углекислый газ;
- 30% – водяной пар;
- 2-5% – загрязняющие вещества: оксиды серы, углеводороды, угарный газ, оксиды азота.

Таким образом, самолёты вносят свой довольно весомый вклад в формирование на планете парникового эффекта. А он – первейшая причина глобального потепления, которое приводит к весьма серьёзным последствиям наподобие таяния ледников, повышения рисков в аграрной отрасли и т.д.

Влияние транспорта на экологию – тема, касающаяся каждого из нас. Человечество привыкло к комфортной жизни, которая приводит к плохому составу воздуха, загрязненным почвам, отравленной водой и сильнейшим парниковым эффектом. А ведь всё это и есть цена удобства и высоких скоростей [3].

#### Библиографический список

1. Антропогенное воздействие на окружающую среду и его экологическая регламентация [Текст] : учеб. пособие / О. В. Воловик, А. Г. Бердник. – Ухта : УГТУ, 2016 – 87 с.
2. Статья – Влияние транспорта на экологию: опасность машин, поездов, самолётов. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://bezmeny.ru/ljubopytnym/vlijanie-transporta-na-jekologiju-opasnost-mashin>.
3. Статья – Влияние разных видов транспорта на экологию: цена комфорта. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://legkopolezno.ru/ekologiya/prostranstvo-vokrug-nas/vliyanie-transporta-na-ekologiyu/>.



## ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ – РЕШЕНИЕ «ЧИСТОГО» БУДУЩЕГО

Александрова О.А.

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Михайличенко Т.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: olecka.alexandrova@yandex.ru*

Стремление обезопасить окружающую среду от выбросов привело к созданию электромобилей, которые позволяют экономить на топливе. В данной статье мы рассмотрим, что представляет собой транспорт будущего, и так ли он безопасен для природы.

Ключевые слова: электромобиль, окружающая среда, энергия, загрязнение.

Здоровье человека определяется не только наследственностью и образом жизни, но и качеством окружающей среды. На сегодняшний день ухудшение здоровья населения с точки зрения экологии является, прежде всего, следствием загрязнения атмосферного воздуха. Основными источниками загрязнения атмосферы в городах являются автомобильный транспорт и промышленные зоны. Негативное влияние автомобилей на окружающую среду очевидно. В нашем мире невозможно прожить без использования двигателей внутреннего сгорания (ДВС). При этом в атмосферу поступает множество вредных веществ. Это наносит вред окружающей среде и, в первую очередь, атмосфере [1].

Одним из путей решения проблемы внутригородского транспорта является внедрение электромобилей. Идея использовать электроэнергию для передвижения транспортных средств пришла в голову ученым еще в XIX веке. В настоящее время этот замысел обрел вторую жизнь, более того, развитие технологий позволило воплотить его в реальность.

Электромобиль — автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от автономного источника электроэнергии (аккумуляторов, топливных элементов и т. п.), а не двигателем внутреннего сгорания [2].

Считается, что вред, наносимый электромобилями окружающей среде, минимален: этот довод используют практически все производители электромобилей для увеличения привлекательности своей продукции в глазах потенциальных покупателей. Нулевых выбросов от автомобилей, где есть движущие части, не бывает. Пыль от истирания асфальта и шин продолжает оставаться серьезным загрязнителем воздуха городов, и двигатели тут ни при чем. Испарения масел и тепловое загрязнение воздуха также никуда не исчезает при переходе на электромобили. Но главное – электромобили работают на той же энергии от сгоревшего ископаемого топлива, что и автомо-

били с ДВС.

Для езды на электрокаре нужна электрическая энергия, вырабатываемая по большей части гидро- и теплоэлектростанциями, а также атомными электростанциями, в меньшей степени – электростанциями, использующими энергию солнца и ветра. Наименьший вред экологии наносят два последних способа получения электроэнергии, однако рентабельность такой формы добычи ресурса крайне невелика. Все же остальные варианты, позволяющие получить электрический ток, вносят немалый вклад в загрязнение воздуха, поскольку электростанции работают на угле, газе и нефтепродуктах. Чем больше в мире будет становиться электрокаров, тем больше потребуется электричества, следовательно, тем активнее станет загрязняться атмосфера.

Специалисты из ADAC (Всеобщий немецкий автомобильный клуб) подсчитали, что электромобиль, который заряжается электроэнергией, вырабатываемой угольными электростанциями, выбрасывает 107 грамм углекислого газа на километр, а это на 21 грамм больше, чем автомобиль на обычном дизельном топливе.

Если еще учесть условия производства, то экологичность электромобиля вообще уходит в минус. Так, при производстве для него батарей потребляется огромное количество энергии. Для производства одного электромобиля расходуется столько дополнительной электроэнергии, сколько выделяется при сжигании 10 тыс. литров бензина. Столько бензина обычная машина среднего класса потребляет за всю свою жизнь. Да, электромобиль не выбрасывает CO<sub>2</sub>, зато его выбрасывают тепловые электростанции, которые снабжают электромобили энергией.

В настоящее время электромобили приобретают все большую популярность, ведь очевидно, что рынок электрокаров идет вперед огромными шагами. Сейчас на рынке существует много марок и моделей электромобилей. Ряд государств предоставляет покупателям машин с электродвигателями различные субсидии, не уставая напоминать о пользе, которую принесет окружающей среде отказ от езды на авто с традиционным мотором [3].

Россия испытывает некоторые сложности по внедрению электромобилей, несмотря на ряд льгот для их владельцев. Среди сложностей: малое количество заправок, климат, в зимний период холод будет негативно влиять на аккумуляторы, снижая пробег на одной зарядке в 2–3 раза. Почти полное отсутствие инфраструктуры для его обслуживания. Электромобили желательно держать в отапливаемом гараже — хранение аккумуляторов в условиях минусовой температуры приводит к их порче. А при экстремально низких температурах желательно и вовсе отказаться от эксплуатации электрокара, таким образом, для полноценного использования электромобиль российскому гражданину не всегда сможет подойти. И самый главный отрицательный показатель — стоимость: пока данный вид транспорта скорее роскошь, чем средство передвижения.

Анализируя вышеперечисленное, очевидно, что ни человечество, ни, в

частности, Россия, не готовы к резкому отказу от автомобилей ДВС в пользу электромобилей. С загрязнением атмосферного воздуха бороться надо. Но надежда на электромобили, скорее всего, несостоятельна. Во всяком случае, на нынешнем этапе развития науки и технологий. В то же время первые шаги к широкому внедрению электромобилей в повседневную жизнь уже сделаны [4].

#### Библиографический список

1. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. «Воздушный бассейн и здоровье населения городов» // Журнал «Право и безопасность»- 2007 г., №1, 22-23 с.
2. Щетина В. А., Морговский Ю. Я. и др. Электромобиль: Техника и экономика. Производственное издание. — 1987. — 253 с.
3. Марки и модели электромобилей. — 05.05.2015. — Новостной ресурс, посвященный электромобилям и технологиям, связанным с ними. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://autotesla.com/other-elektrokar/marki-i-modeli-elektromobilej.html>
4. Трескова Ю. В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый.- 2016.- №12.- С. 563-565. [Электронный ресурс] // Режим доступа:<https://moluch.ru/archive/116/31697/>

УДК 502.174.662.615.53

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Алшынбаев С.Д.

**Научный руководитель:** канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: [alshinbaev\\_sayat@mail.ru](mailto:alshinbaev_sayat@mail.ru)*

В статье проводится анализ текущего состояния теплофикационных систем России, приведены примеры использования энергоэффективных технологий стран Европы.

Ключевые слова: энергосбережение, тепловые насосы, теплофикация, теплоснабжение, геотермальная энергия.

Теплофикация и централизованное теплоснабжение являются самым эффективным технологическим решением, адекватно отражающим условия уникального климата России. Проблемы, с которыми сталкиваются современные энергетики в сфере теплоснабжения, зачастую связаны с физическим устареванием оборудования. Высокие показатели аварийности транспортных участков отражают состояние в котором находится оборудование. Однако, простое техническое переоснащение тепловых сетей не решает проблем при потреблении энергетических ресурсов. Применение современных энергосбе-

регающих технологий является обязательным условием для решения проблем и залогом стабильного развития отрасли.

Сегодня энергетики во всех странах мира говорят о чрезмерном и малоэффективном применении ресурсов. Универсальным показателем, отражающим количество энергии и (или) топлива, требующегося для производства конкретного вида продукции, является величина энергоёмкости. Энергоёмкость ВВП в Российской Федерации из года в год снижается, но несмотря на это, его величина по-прежнему выше в 2-2,5 раза энергоёмкости ВВП западных стран.

Причины высокой энергоёмкости отечественной экономики заключаются в следующих причинах:

- Климатические условия страны. В среднем отопительный сезон в России длится около 250 дней. 75% потребности в тепловой энергии обеспечивается централизованно.

- С богатыми просторами и небольшим количеством населения, Россия имеет небольшую плотность населения. Данный фактор проявляется в системах передачи электрической энергии. Например, длина высоковольтной линии «Заря – Барабинск Таврическая» имеет протяженность 734 километра;

- Доступное сырьё. Средняя цена электричества в РФ в постоянных ценах оценивается в 8,2 центов США за кВт\*ч. В свою очередь, американцы платят 12,5 центов за 1 кВт\*ч, а в Германии данное значение находится на уровне 36,25 центов за кВт\*ч [1].

Рассмотрим ситуацию в таких странах, как Германия, Италия и Дания.

В Германии и Италии отопительная система организована по принципу мини-котельных. Их опыт показывает, что единственный плюс в подобной организации – снижение теплотерь при транспортировке тепла потребителю. В целом же затраты на генерацию выше, чем при использовании централизованного теплоснабжения.

В Дании ситуация несколько иная. В начале 70-х годов прошлого века Европа пережила энергетический кризис. Он привел к тому, что Дания пересмотрела свою энергетическую и топливную политику. В стране началась реформация всей энергосистемы, для того чтобы снизить зависимость от поставок энергоресурсов из-за рубежа. Процесс занял более десяти лет. Только к середине 80-х годов энергетическая система Дании была модернизирована полностью и функционировала по новым принципам. Анализируя зарубежный опыт в вопросах теплоснабжения, датчане с некоторыми изменениями применили систему, принятую в СССР. В стране была построена система централизованного теплоснабжения на основе укрупненных ТЭЦ.

Конечно, некорректно сравнивать масштабы энергосистем Дании и России, однако опыт западных коллег показывает, что развитие теплоцентралей является достаточно перспективным направлением развития. Важными моментами являются применение полимерных труб, качественных теплоизоляционных материалов, современного насосного оборудования.

В системах России и Дании есть два важных отличия. Первое заключается в том, что регулировка объема поставляемого тепла производится не за счет изменения температуры теплоносителя, а благодаря изменению скорости циркуляции, путем применения частотных регуляторов на циркуляционных насосах. Благодаря этому такая система намного экономичней традиционной.

Второе отличие датской системы – принцип организации отопления помещений. Радиаторное отопление, распространенное в России, постепенно уступает свое место различным видам воздушного отопления. Радиаторы не позволяют создать эффективную конвекцию в помещении, такие системы инерционны и недостаточно комфортны для человека.

Существует технология, которая позволяет избежать упомянутых проблем и эффективно использовать центральное теплоснабжение – тепловые насосы. То есть ТЭЦ напрямую не отапливает помещения через радиаторы-теплообменники. Тепло подается к тепловому насосу, который с помощью кольцевого контура отдаёт энергию в помещения, где необходим обогрев. При этом подача тепла останавливается, как только в кольцевом контуре его станет достаточно. Фактически это классическая система центрального воздушного отопления, построенная на базе кольцевой теплонасосной системы. Плюсов в такой системе достаточно много, и главным является экономичность.

У России есть опыт применения таких систем в некоторых гостиницах, офисных центрах. Опыт показывает, что подача тепла в систему необходима всего несколько раз в год – в периоды сильных морозов. В остальное время года внутри здания производится достаточное количество тепла, чтобы покрывать потребности в отоплении – необходимо лишь перерабатывать эту теплоту и передавать ее в другие зоны. Как раз эту задачу успешно и выполняют тепловые насосы.

В качестве примера можно привести Стокгольмскую теплонасосную станцию. Ее выходная тепловая мощность составляет 320 МВт. Станция берет тепло Балтийского моря, температура воды которого в течении года составляет в среднем 4°C. Охлаждая воду до 2°C, станция вырабатывает тепло, стоимость которого на 20% ниже, чем у любой другой ТЭЦ или котельной. В общей сложности около 80 теплонасосных станций мощностью от 5 до 80 МВт обеспечивают потребности Швеции в тепловой энергии [2].

Исследуя опыт других стран, приходишь к выводу, что лучшим вариантом теплоснабжения для такой большой страны как Россия, с её суровыми климатическими условиями является централизованное теплоснабжение. Исследуя законы, применяемые в рамках реформы ЖКХ, видно, что применение энергосберегающих технологий в них никак не отражены. Высокоэффективные подходы к генерации и транспортировке тепла начнут применяться только в тогда, если эти области перейдут в руки частных инвесторов, готовых поднимать эффективность своего бизнеса. Других экономических стимулов для перехода на новые энергосберегающие технологии в России пока не создано [3].

## Библиографический список

1. Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения: Ч. 1. Проблемы российских систем теплоснабжения / И.А. Башмаков // Журнал «Энергосбережение». - 2010. - № 2. - С. 46-52.
2. Башмаков И.А. Сравнение мер российской политики повышения энергоэффективности с мерами, принятыми в развитых странах: науч. материалы / И.А. Башмаков, В.И. Башмаков; Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ). - Москва, 2012. - 67 с.
3. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». - Москва, 2009. - 44 с.

УДК 620.9:622.33 (571.17)

## БЕЗУГЛЕРОДНАЯ ЗОНА

Карбач Ю.С.

**Научный руководитель:** канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: julika1111@mail.ru*

В Кузбассе обсуждается проект создания в Сибири «безуглеродной зоны», который был озвучен на 21-ой Конференции по климату в Париже. Он подразумевает отказ от угольной энергетики в пользу альтернативных источников энергии. Угольная энергогенерация в Сибири обеспечивает надежное снабжение жителей огромного региона России электричеством и теплом. Создание «безуглеродной зоны» в Восточной Сибири могло бы стать пилотным проектом национальной стратегии долгосрочного развития с низким уровнем выбросов парниковых газов. Достичь этой цели предлагается за счет перехода на использование возобновляемых источников энергии, введения углеродного налога и других мер.

Ключевые слова: безуглеродная зона, Парижское соглашение, углекислый газ, Кемеровская область, угольная энергетика.

Основными источниками выброса углекислого газа в атмосферу являются производство, транспортировка, переработка и потребление ископаемого топлива (86%), сведение тропических лесов и другое сжигание биомассы (12%), и остальные источники (2%). В атмосфере нашей планеты всего около 0,04% CO<sub>2</sub> (это приблизительно 400 ppm). В XX веке наблюдался рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, доля которого с начала века увеличилась на 25%, а за последние 10 лет – на 13%. К 2015 году концентрация углекислого

газа в атмосфере по отношению к тому же периоду составляет 143%. Доля угольной энергетики в суммарных российских выбросах CO<sub>2</sub> составляет порядка 7%, а в Сибири – 5%.

Высшая школа экономики и «Центр экологических инициатив» разработали сценарий перехода на низкоуглеродное развитие для крупнейшего угольного региона РФ — Кемеровской области. Предложено повышать в регионе энергоэффективность (сокращение выбросов парниковых газов на 48,3 млн тонн CO<sub>2</sub> по сравнению с 2015 годом) поддерживать углехимию, использовать шахтный метан в качестве топлива (снижает его выбросы на 95% по сравнению с традиционной добычей угля, в то время как при полном замещении угля газом выбросы CO<sub>2</sub> в области сократятся на 51 млн. тонн в год) и развивать возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

В топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) наибольший объем CO<sub>2</sub> производится при выработке электроэнергии за счет сжигания ископаемых топлив – угля и газа. Общая нагрузка на промышленность составит более 2 трлн. рублей в 2020 году (около 3% ВВП), подсчитали в McKinsey. В 2020 году сжигание природного газа в электроэнергетике даст выбросы суммарно в 515 млн. тонн CO<sub>2</sub>, угля – 260 млн. тонн CO<sub>2</sub>. При обсуждаемой ставке налога в \$15 за тонну «газовой» энергетике это будет стоить 464 млрд. рублей, «угольной» – 232 млрд. рублей. Суммарно – 696 млрд. рублей в 2020 году. Если размер налога вырастет до \$35 за тонну к 2035 году, общая нагрузка на электроэнергетику вырастет до 1622 млрд. рублей. Цена на электроэнергию, на тепло вырастает в 2,7 раза. Согласно данным Росстата РФ, в 2016 году электроэнергия, произведенная тепловыми электростанциями, составила 702 794,16 млн. кВт·ч, что на 0,818% больше, чем в 2015 году.

По данным департамента природных ресурсов и экологии, в 2016 году предприятия тепло- и электроэнергетики региона выбросили в атмосферу 228 тыс. тонн загрязняющих веществ. За последние пять лет этот объем уменьшился на 25,3 тыс. тонн. В целом доля предприятий-производителей тепла и электроэнергии в загрязнении воздуха стационарными источниками составляет 16,9% (по итогам 2016 года).

Уголь будет оставаться в Сибири основным топливом на ближнюю и дальнюю перспективу, тем более, что его запасы многократно превышают объемы других энергетических ресурсов. В настоящее время на угольных ТЭС и котельных для растопки и поддержания горения сжигают огромное количество дополнительного высокорекреационного топлива (мазут, керосин, газ). Совместное сжигание угля с мазутом, практикующееся на пылеугольных ТЭС, приводит к заметному возрастанию механического недожога топлива, снижению КПД котлов и надежности работы котельного оборудования, повышению выбросов оксидов азота, серы и пентаоксида ванадия. Отсюда очевидна необходимость снижения доли мазута при розжиге и подсветке пылеугольного факела на пылеугольных котлах ТЭС.

Ученые Института теплофизики имени С. С. Кутателадзе СО РАН

предложили решение данной проблемы — метод механохимической активации угольного топлива. Угольное топливо подвергается высоконапряженному измельчению в специальных мельничных устройствах, за счет чего увеличивается его реакционная способность. За счет измельчения уголь лучше горит и легче воспламеняется. Его поджигают с помощью специального газового запального устройства: минуту спустя газ отключают, и угольная пыль горит сама по себе, без посторонних источников.

Фактически Россия уже перевыполнила обязательства Парижского соглашения в части снижения выбросов парниковых газов до уровня не более 75% от объема 1990-го года. (Выбросы снижены на 43% - на 1,8 млрд. тонн эквивалента CO<sub>2</sub>). Это произошло за счет разрушения промышленности в 1990-е годы. Но и в 2000-е годы с ростом производства Россия продолжила сокращать выбросы, внедряя эффективные энерготехнологии.

В 2016 году предприятиями Кемеровской области проведено 76 мероприятий по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: совершенствование технологических процессов, ввод в эксплуатацию новых очистных установок, а также повышение эффективности действующих очистных установок. Фактически использовано средств на проведение мероприятий за счет всех источников финансирования 316,207 млн. рублей, уменьшение выбросов составило 12,763 тыс. тонн вместо 13,097 тыс. тонн ожидаемого уменьшения.

На территории региона ведется реконструкция металлургических комплексов и предприятий цементной промышленности - основных эмитентов парниковых газов. Создан Кузбасский технопарк, а также углехимический кластер по глубокой переработке угля и техногенных отходов, у нас есть ряд проектов, связанных с глубокой переработкой угля.

В числе кузбасских проектов, снизивших выбросы CO<sub>2</sub>, была проведена «Сибирской генерирующей компанией» модернизация крупнейших станций - Беловской и Томь-Усинской ГРЭС - в результате выбросы CO<sub>2</sub> сократились на 10%. В 2016 году на участке производства анодной массы АО «РУСАЛ Новокузнецкий Аллюминиевый Завод» запущена в эксплуатацию система аспирации, объем инвестиций в ее создание составил 43,9 млн. рублей. Система предназначена для улавливания и очистки газов от смолистых возгонов пека. в Кузбассе продолжается работа по закрытию старых маломощных котельных, подключению потребителей к более мощным и современным теплоисточникам. В 2016 году закрылось 16 устаревших котельных, построено и реконструировано - 4.

#### Библиографический список

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2016 году // Администрация Кемеровской области. Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области. – Кемерово, 2017.
2. Уголь Кузбасса [Электронный ресурс] : интернет- журнал. Элек-



трон. дан. и прогр. –Москва : UK42/RU, 2018. Режим доступа: <http://www.uk42.ru>. -01.04.2018.

3. Двинин Д.Ю. Эколого-экономическая оценка материальной интенсивности электроэнергетики Сибирского Федерального округа // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4-2. – С. 387-391.

4. В. Перцова. Экономика выбросов [Электронный ресурс] : интернет-журнал. / FORBES //Электрон. дан. и прогр. –Москва : FORBES.RU, 2018. Режим доступа: <http://www.forbes.ru>. -05.05.2018.

УДК 621.577

## **ВЫРАВНИВАНИЕ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ**

**Стерлигов В.В., Мигель Р.О.**

**Научный руководитель канд, техн. наук, доцент Стерлигов В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
Новокузнецк. e-mail: roma.migel.95@mail.ru*

В данной статье представлено предложение по выравниванию графика электрической и тепловой нагрузки турбины.

Ключевые слова: ПСУ, энергоэффективность, тепловой насос, температура.

На протяжении всего своего существования человечество использовало энергию, накопленную природой в течение миллиардов лет. При этом способы ее использования постоянно совершенствовались с целью получения максимальной эффективности. Энергия всегда играла особую роль в жизни человечества. Все виды его деятельности связаны с затратами энергии.

Энергетика имеет большое значение в жизни человечества. Уровень ее развития отражает уровень развития производительных сил общества, возможности научно-технического прогресса и уровень жизни населения. Действительно, энергетическая составляющая на производство промышленной продукции и транспортные услуги в России превышает в настоящее время 17%, сельскохозяйственной продукции – 11%.

Возросшая актуальность энергосбережения требует поиска новых энерготехнологий при одновременном повышении эффективности использования существующих генерирующих мощностей электростанций и паровых котельных, оборудование которых в значительной степени нуждается в реконструкции и замене.

Основу генерирующих мощностей составляет ТЭЦ. Функция ТЭЦ — снабжать население и предприятия электричеством и тепловой энергией (го-

рячее водоснабжение, отопление и пар на производство).

Несмотря на множество существующих подходов к решению проблем выравнивания графика электрической и тепловой нагрузки паровой турбины, она по-прежнему остается актуальной.

Паровая турбина — тепловой двигатель, в котором энергия пара преобразуется в механическую работу. В лопаточном аппарате паровой турбины потенциальная энергия сжатого и нагретого водяного пара преобразуется в кинетическую, которая в свою очередь преобразуется в механическую работу — вращение вала турбины.

Одной из трудностей, возникающих при совместной выработке электроэнергии и тепла на паротурбинной ТЭЦ, является необходимость одновременного согласования графиков производства и потребления обоих энергоносителей. В отопительный сезон в отличие от суточного графика потребления тепла, который изменяется в пределах 10–15 %, потребление электроэнергии в ночные часы падает на 50 % и более. Существенно снижается электрическая нагрузка и в нерабочие дни. В современных изменившихся условиях функционирования систем централизованного теплоснабжения с учетом новых экономических отношений особенно актуальны энергоэффективные технологии, которые позволят повысить конкурентоспособность ТЭЦ на рынке тепловой и электрической энергии. В настоящее время для ТЭЦ появляются новые возможности получения дополнительного эффекта за счет внедрения обоснованных технологических мероприятий. Проблема совершенствования технологий производства, транспорта и распределения тепловой энергии вошла в число наиболее актуальных, что отражается в огромном числе публикаций по данной проблеме. Сложившаяся в современных условиях ситуация доказывает необходимость в усовершенствовании процессов производства и отпуска энергии на ТЭЦ, что позволило бы сделать отпускаемую тепловую энергию конкурентоспособной. Предпосылкой для широкомасштабного внедрения тепловых насосов на ТЭЦ является достаточно большие объемы теплоты, выбрасываемые с охлаждающей водой конденсаторов турбин (даже при минимальном пропуске пара в конденсатор). С помощью теплонасосной установки можно передать большую часть этой сбросной теплоты в теплосеть (около 50–60 %). Как известно, недогрузка ТЭЦ по теплу фактически «запирает» большое количество электроэнергии, которое не может быть выработано в связи с отсутствием тепловой нагрузки. Этого можно достигнуть путем подключения теплового насоса, который будет работать за счет отбираемого пара с теплофикационного или промышленного отбора турбины, используемого только в отопительный период при необходимости снятия пиковых нагрузок по отоплению. Тепловой насос при этом вырабатывает, с коэффициентом преобразования 1,3–1,4, холод и тепло, которые, соответственно, используются для снижения давления конденсации и выработки дополнительной электроэнергии и на собственные нужды станции. Это позволит несколько увеличить выработку электроэнер-

гии, а полученную часть тепла вернуть на собственные нужды ТЭЦ, например, на подогрев подпиточной воды, снизив, таким образом, расход топлива на котёл, а также увеличить выработку электроэнергии на тепловом потреблении.

При выборе типа теплового насоса кроме энергетической и экономической эффективности следует учитывать также особенности различных типов машин (срок службы, воздействие на окружающую среду, ремонтпригодность, требуемая квалификация обслуживающего персонала, возможность регулирования мощности в широком диапазоне и т. д.).

С точки зрения воздействия на окружающую среду и безопасность АБТН имеют явное преимущество перед ПТН, т.к. не используют хладонфторхлорсодержащие углеводороды. В соответствии с Монреальским протоколом от 1987 года, фактически все хладоны, используемые в ПТН, проходят более тщательный контроль на «озонобезопасность», «парниковый эффект» и облагаются жесткими штрафами при их неправильном применении и утилизации.

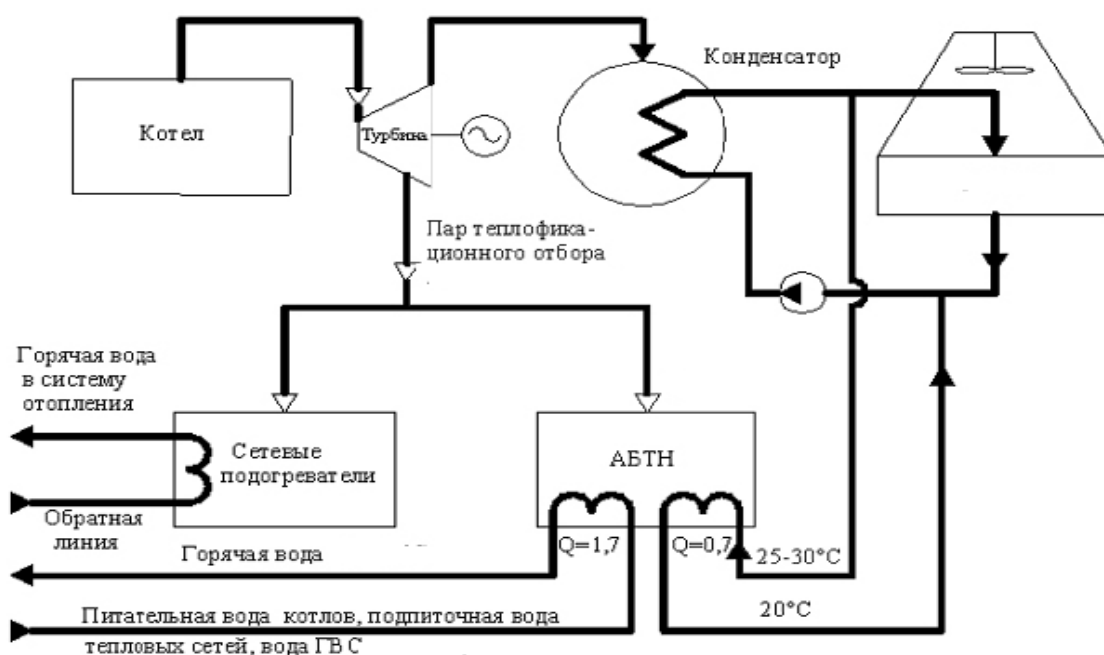


Рисунок 1 – Тепловая схема паротурбинной установки с тепловым насосом

На рисунке 1 показана схема применения АБТН в составе ТЭЦ. Такая схема позволяет без изменения балансов и параметров пара в турбине значительно увеличить мощность теплофикационной части станции без увеличения расхода топлива

Поэтому в состав схемы энергоблока необходимо включить два бромисто-литиевых тепловых насоса АБТН-4000П производства ОКБ "ТЕПЛОСИБМАШ" с суммарной тепловой мощностью 22 МВт. Контур циркуляционной воды подключается к испарителю теплового насоса, ТН

охлаждает ее перед входом в градирню (рисунок 1). Конденсатор теплового насоса подключается к тракту ГВС. Испаритель забирает низкопотенциальную теплоту. На работу двух АБТН-4000П расходуется пар, в результате воде ГВС передается теплота.

Произведя расчеты мы выяснили что, использование АБТН уменьшает расход пара в турбине, что следовательно дает нам еще выгоду в более экономичном использовании топлива для котлов, так же выравнивает график перепадов температуры циркуляционной воды в зимний – летней период работы. А так же рассчитав экономический эффект можно сказать о выгоде внедрения уже через 1 год.

Так же о целесообразности внедрения насоса говорит опыт применения тепловых насосов на ТЭЦ. Например, теплонасосная установка НТ-410, изготовленная на заводе «Компрессор», в июне 1999 г. была внедрена на ТЭЦ-28 (ОАО «ТЭЦ-28», г. Москвы), и прошла испытания в условиях реальной эксплуатации. В результате была подтверждена возможность передачи сбросной теплоты циркуляционной воды конденсатора турбины (25 - 30°C) в обратную тепло-магистраль теплосети (45 — 50°C) с достаточно высоким коэффициентом преобразования: 4,5 – 6 (при уровне температурного перепада, соответственно 25 - 13°C). В результате применения такого теплового насоса тепловая мощность на ТЭЦ-28 увеличивается на 15% .

Несмотря на то, что тепловые насосы в России пока не получили широкого распространения, на рынке представлено множество производителей как ведущих мировых (прежде всего европейских) брендов, так и российских, и китайских. Потребитель может купить продукцию практически любого мирового производителя, однако необходимо учитывать, что не все фирмы оказывают сервисную поддержку, поставляют необходимые запчасти и осуществляют квалифицированный монтаж. В российских представительствах есть все необходимые каталоги, но обычно самих моделей нет на складе, они поставляются под заказ

В заключение можно сказать тепловых насосы могут найти широкое применение в различных областях теплоснабжения, где имеет место низкопотенциальное тепло, которое выбрасывается в окружающую среду.

Как показали расчеты, целесообразно внедрение теплового насоса на ЗС ТЭЦ, не только с технологической точки зрения, но и с экономической: срок окупаемости внедрения теплонасосной установки оказался равным 1 год, что является вполне приемлемым и осуществимым в реальной жизни. Отборы тепла, позволяют соблюдать экологические нормы выбросов охлаждающей воды, температура которой становится в пределах нормы для сброса в пруд-охладитель: +26 - +28 °С, и дают возможность увеличения выработки электрической мощности на паровых турбинах станции в летнее время.

Применение и широкое внедрение тепловых насосов во всех сферах теплоснабжения в наши дни становится все более реальным

### Библиографический список

1. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. М.: Энергия, 1987г
2. Трубилов М.А., Арсеньев Г.В., Фролов В.В. и др. «Паровые и газовые турбины», Энергоатомиздат, 1985г
3. Щегляев А.В. «Паровые турбины», Энергия, 1967
4. Применение теплового насоса на ХХХ с целью снижения энергозатрат на собственные нужды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2011/C02/070.pdf>]; (дата обращения: 14.06.2017).
5. Жарков Т., Об эффективности и окупаемости тепловых насосов // Журнал «СОК» №5, 2015, <http://www.c-o-k.ru/articles/ob-effektivnosti-i-okupaemostiteplovuyh-nasosov>
6. Жидович И.С., Трутаев В.И., Системный подход к оценке эффективности тепловых насосов // Журнал «Новости теплоснабжения», № 4, 2002 г.,

## **IV. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ**

УДК 519.711.3

### **КОНКРЕТИЗАЦИЯ ПРЕЦЕДЕНТНОГО МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УПРАВЛЕНИЮ СЛОЖНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ И ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

**Миронова К.А.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Традиционные подходы к организации процесса управления сложными объектами не всегда оказываются эффективными. Между тем, цена ошибки и неверно выработанного управляющего воздействия может оказаться очень высокой. В связи с этим, необходимо разрабатывать новые методы управления сложными технологическими и организационными объектами. И одно из возможных решений этой задачи - внедрение идеи прецедентного управления.

Ключевые слова: прецедент, CBR-цикл, программа управления, мониторинг, ретроспективная оптимизация, модель прецедента.

Сущность прецедентного подхода к управлению сложными объектами заключается в том, что для принятия управляющих решений используется предыдущий опыт управления данными объектами в похожих ситуациях. Согласно [1], прецедент - это случай, имевший место ранее и служащий примером или оправданием случаев подобного рода. Соответственно, в повторяющихся ситуациях функционирования сложного объекта могут быть приняты повторяющиеся качественные решения, которые скорее всего окажутся эффективными. При этом, не требуется построение сложной модели объекта, учитывающей многочисленные внешние и внутренние факторы и существенно сокращаются объемы обрабатываемой информации.

Методы рассуждений на основе прецедентов образуют так называемый прецедентный цикл (CBR-цикл). Структура CBR-цикла [1,2] представлена на рисунке 1.

В общем случае, для конкретной задачи управления, из библиотеки прецедентов извлекаются прецеденты, которые в большей или меньшей степени соответствуют условиям решаемой в данный момент задачи. Далее, уже из небольшого количества прецедентов, выбирается один, который берется за основу при принятии управляющего решения (использованный прецедент). В случае необходимости производится коррекция (адаптация) используемого преце-

дента с учетом условий новой задачи и, в случае успешного решения задачи, пересмотренный прецедент добавляется в библиотеку прецедентов и в дальнейшем может быть использован для решения новых задач. Таким образом, чем дольше функционирует система, тем обширнее (до некоторого предела) у нее библиотека прецедентов, и тем эффективнее будут принимаемые решения.

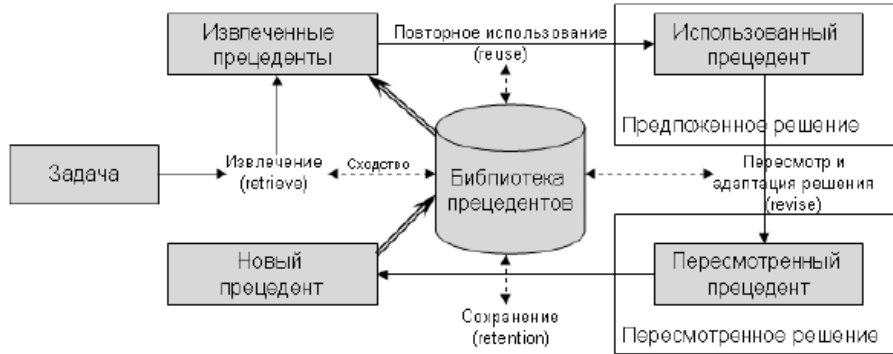


Рисунок 1 - Структура CBR-цикла (Case-based reasoning)

Рассмотренный подход целесообразно применять при управлении современными сложными трудно формализуемыми технологическими объектами. На рисунке 2 представлена структура системы управления сложным технологическим объектом на основе прецедентов [3].

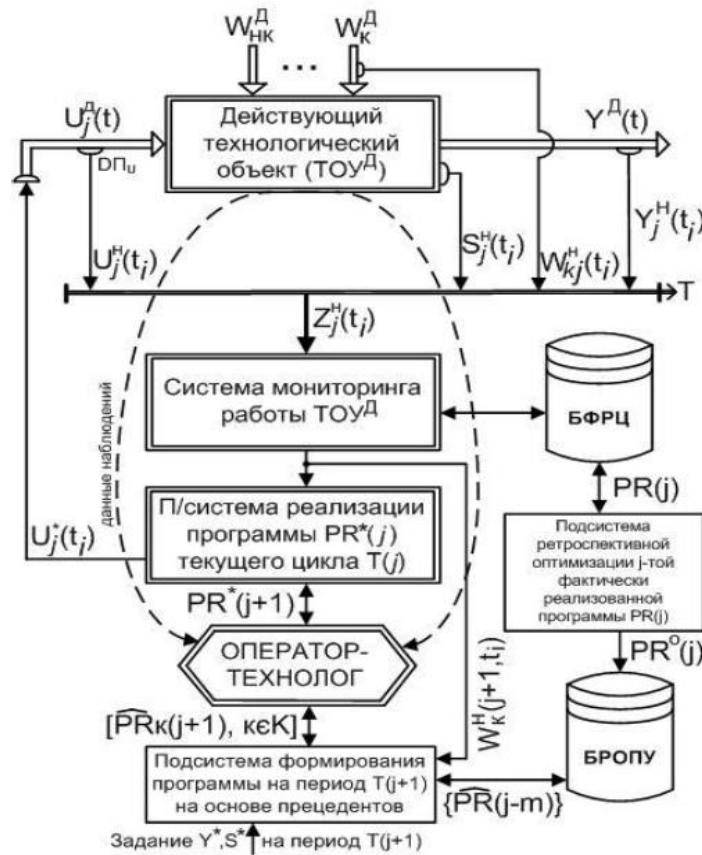


Рисунок 2 - Схема формирования и реализации программ управления сложным технологическим объектом циклического действия на основе прецедентов

В качестве технологического объекта может быть представлен любой трудно формализуемый объект, имеющий множество входных и выходных переменных. Это может быть электросталеплавильная печь, комбайновый комплекс угольной шахты, современный летательный аппарат и т.д. Объект находится в конкретной среде и подвержен влиянию как контролируемых  $w_K^D$ , так и неконтролируемых внешних воздействий  $w_{HK}^D$ . Контролируемые воздействия могут иметь самую различную природу, определяемую спецификой функционирования объекта. Неконтролируемые воздействия не зависят от свойств объекта. Это может быть изменение температуры, давления, влажности воздуха, состав и свойства перерабатываемых материалов и т.д.

Система мониторинга работы технологического объекта отслеживает фактические параметры функционирования объекта в режиме реального времени с заданным шагом дискретизации.

Данные, сформированные системой мониторинга, передаются в подсистему реализации программы управления текущим циклом работы объекта в базу данных о фактически реализованных технологических циклах (БФРЦ). Подсистема реализации программы текущего цикла формирует последовательность управляющих воздействий на объект по заранее заданной программе, специфика которой определяется характером функционирования объекта.

Информация о результатах реализации программы текущего технологического цикла отображается оператору-технологу. Последний контролирует работу объекта и, при необходимости, может внести изменения в работу подсистемы реализации программы текущего цикла. Если никаких изменений вносить не требуется, функции оператора сводятся к ее исполнению и наблюдению за объектом.

БФРЦ осуществляет обмен информацией с подсистемой ретроспективной оптимизации фактически реализованной программы. Задача подсистемы заключается в том, чтобы оптимизировать (если в этом есть необходимость) вариант реализации технологического процесса для конкретных условий. Следует иметь в виду, что оптимизированный вариант реализации технологического процесса может существенно отличаться от фактического и обеспечить лучший вариант технологического процесса. Оптимизированный вариант может являться прецедентом и в дальнейшем использоваться для принятия управляющих решений. Результаты работы подсистемы ретроспективной оптимизации передаются в базу ретроспективных оптимальных программ управления (БРОПУ). Согласно заданию на предстоящий период, подсистема формирует вариант программы управляющих воздействий на объект и отображает его оператору-технологу. Оператор оценивает предложенный вариант и принимает решение о его реализации, либо корректировке.

С целью реализации описанного выше подхода применительно к управлению конверторной плавкой стали, построена информационная модель прецедента, показанная на рисунке 3.



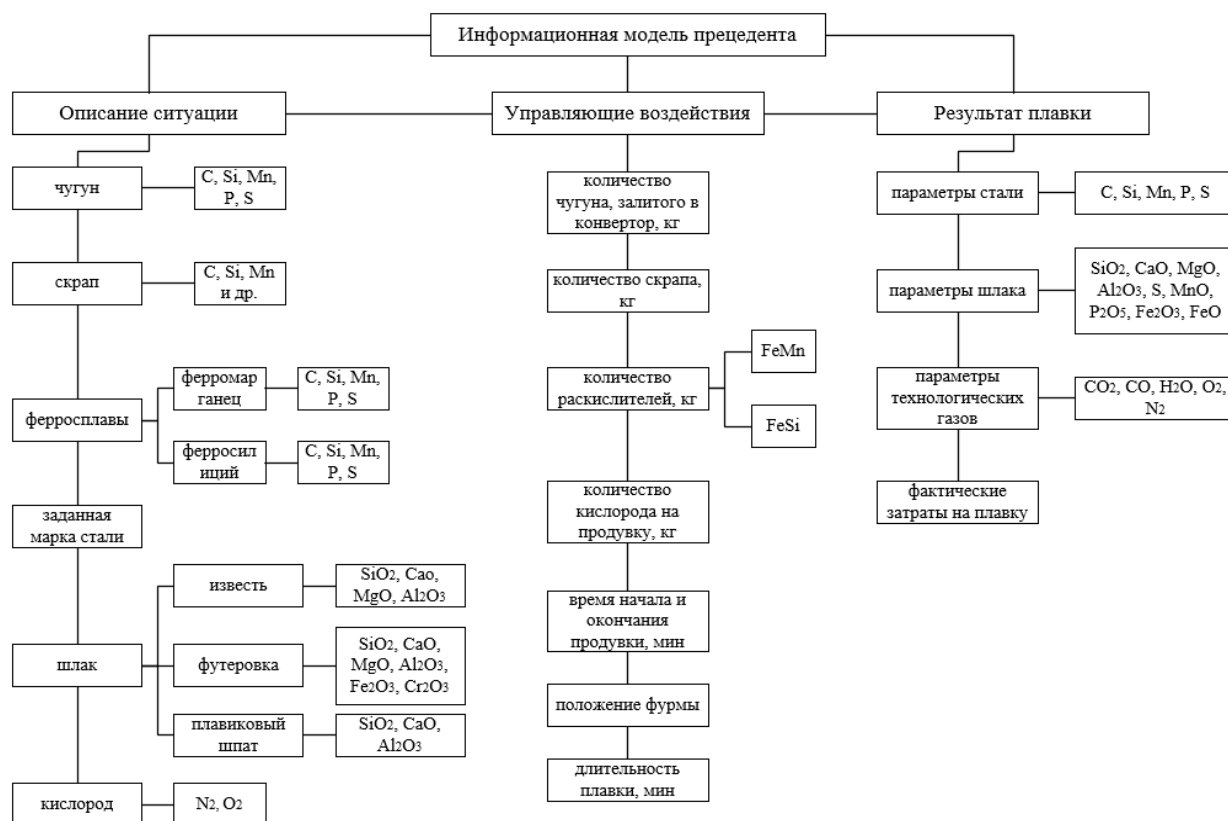


Рисунок 3 – Модель прецедента для задачи формирования программы управления конвертерной плавкой стали

В модуле "Описание ситуации" представлены данные по параметрам шихтовых материалов до начала плавки. Эти данные могут меняться в зависимости от заданной марки стали и качества исходных материалов.

В модуле "Управляющие воздействия" приводится информация по управляющим воздействиям конвертерной плавки.

Модуль "Результат плавки" содержит информацию о конечном продукте, который получен из шихтовых материалов при конкретных управляющих переменных плавки. Значения параметров управления фиксируются в режиме реального времени.

Полученная модель, достаточно проста, но содержит всю необходимую информацию о ходе и результатах конкретной конвертерной плавки. Если полученная сталь соответствует предъявляемым требованиям, то конкретные значения параметров модели помещаются в базе прецедентов в качестве удачного решения, которое в дальнейшем может использоваться для управления в схожей ситуации.

#### Библиографический список

1. Варшавский П., Алехин Р. Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов // International Journal "Information Models and Analyses" Vol. 2/2013, Number 4, стр. 385-392.

2. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches // Artificial Intelligence Communications. IOS Press. 1994. – Vol. 7, № 1. – P. 39-59.

3. Кулаков С.М., Трофимов В.Б., Добрынин А.С., Тараборина Е.Н. Прецедентный подход к формированию программ управления объектами циклического действия // Труды XI Всероссийской НПК "Системы автоматизации в образовании, науке, производстве" 14-16 декабря 2017 г., г. Новокузнецк, с. 9-17.

УДК 681.51

## **УПРАВЛЕНИЕ СУШКОЙ УГОЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА ГОРЯЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

**Раскин М.В., Саламатин А.С., Макаров Г.В.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Мышляев Л.П.**

*ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,  
г. Новокузнецк, e-mail: mail@nicsu.ru*

Процесс сушки угольного концентрата является неотъемлемой частью процесса углеобогащения. Это обусловлено необходимостью достижения требований к влажности готового продукта в соответствии с заданными показателями качества. Также это позволяет решить проблему смерзания концентрата на складах готовой продукции.

Ключевые слова: сушка горячей поверхностью, управление, углеобогащение, автоматизация.

Для обеспечения заданных показателей качества на углеобогатительных фабриках используются сушильные установки, среди которых наиболее распространены трубы-сушилки и барабанные сушилки. Частота их использования обусловлена высокой производительностью. Но они обладают рядом недостатков, среди которых высокие затраты энергии, сложность построения, взрывоопасность, низкие экологические показатели.

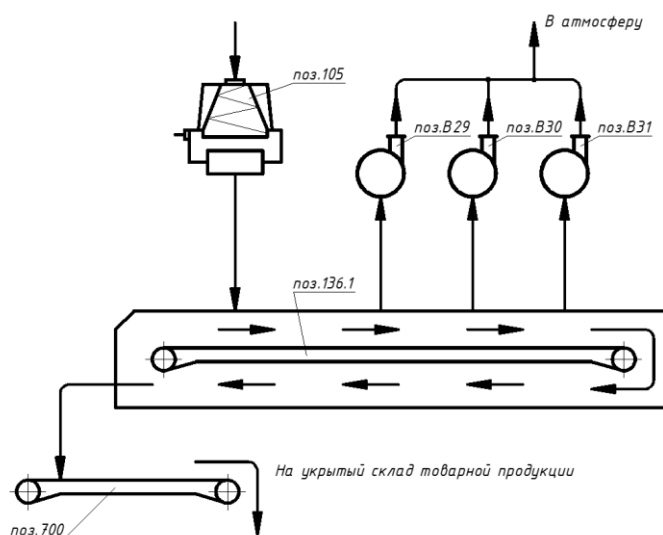
Перечисленные недостатки позволяет устранить агрегат сушки угольного концентрата горячей поверхностью (СГП), который является принципиально новым технологическим решением и применяется на ОФ «Матюшинская» [1, 2]. Поскольку это новый технологический процесс, для эффективного управления им необходимо провести исследование СГП как объекта управления и синтезировать систему управления.

Объектом управления является технологический процесс сушки концентрата. Через центрифугу поз. 105 концентрат поступает на конвейер поз. 136.1, который заключен в теплоизоляционный контур и подогревается группами электронагревательных пластин. Электронагревательные пласти-

ны расположены под верхней и нижней рабочими ветвями контура.

Испарение влаги с частиц концентрата происходит во время контакта с нагретой поверхностью конвейера поз. 136.1. Удаление испаренной влаги из надконвейерного пространства происходит с помощью вентиляторов поз. В29, В30, В31. После прохождения концентратом сушики, он по конвейеру поз. 700 транспортируется на укрытый склад товарной продукции.

Структурная схема объекта управления представлена на рисунке 1.



поз.105 – центрифуга; поз. В29, В30, В31 – вентиляторы;  
поз. 136.1, 700 – конвейера.

Рисунок 1 – Структурная схема объекта управления

В основе построения математической модели процесса сушки горячей поверхностью лежит разделение управляющих воздействий на координатные и параметрические для упрощения задачи построения алгоритма управления. Так, в модели приняты три управляющих воздействия:  $u_1$  – электропитание нагревательных элементов,  $u_2$  – нагрузка на конвейер,  $u_3$  – скорость конвейера. Управление  $u_1$  относится к координатному, а  $u_2$  и  $u_3$  к параметрическому, причем в упрощенном варианте  $u_2 = const$ .

Динамика процесса сушки описывается моделью

$$T(t, q, v) \cdot \frac{d[\delta W_K(t)]}{dt} + \delta W_K(t) = \sum_{l=1}^h k_l(t, q, v, u_l) \cdot u_l(t - \tau_l); \quad (1)$$

где  $T$  – постоянная времени;

$q, v, u_l$  – нагрузка на конвейер, скорость конвейера и электропитание нагревательных элементов  $l$ ;

$k_l$  – коэффициент передачи нагревательных элементов  $l$ ;

$\tau_l$  – запаздывание по каналу « $u_l - \delta W_K$ »;

$\delta W_K(t)$  – изменение влажности концентрата.

Зависимость  $T$  от времени, нагрузки на конвейер и скорости конвейера представлена в виде

$$T(t, q, v) = T^*(t) - \alpha_q [q_t(t) - q^*(t)] - \alpha_v [v(t) - v^*(t)]; \quad (2)$$

где  $\alpha_q, \alpha_v$  – настроечные коэффициенты;

$T^*, q^*, v^*$  – опорные значения.

Коэффициент передачи  $k_l$  оценивается по следующему выражению

$$k_l(t, q, v, u_l) = k_l^* - \beta_q \left[ \frac{1}{\tau_l} \int_{t-\tau_l}^t q(\theta - \tau_l) d\theta - q^*(t) \right] - \beta_v \left[ \frac{1}{\tau_l} \int_{t-\tau_l}^t v(\theta - \tau_l) d\theta - v^*(t) \right] - \beta_u \left[ \sum_{l=1}^n \frac{C_l(t)}{\delta \tau_l} \int_{t-\delta \tau_l}^t u_l(\theta - \delta \tau_l) d\theta - u^*(t) \right]; \quad (3)$$

$$C_l(t) = \frac{d}{\tau_l} \int_{t-\tau_l}^t u_{l-1}(\theta - \tau_{l-1}) d\theta; \quad (4)$$

где  $\beta_q, \beta_v, \beta_u, d$  – настроечные коэффициенты;

$\theta$  – переменная интегрирования;

$k^*, u^*$  – опорные значения.

Структура системы управления процессом сушки приведена на рисунке 2.

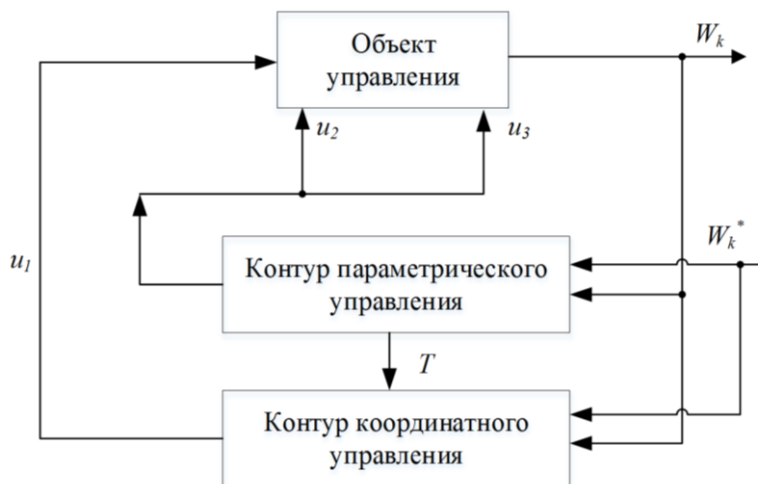


Рисунок 2 – Структура системы управления

В контуре координатного управления вырабатывается воздействие на электропитание нагревательных элементов ( $u_1$ ), а в контуре параметрического управления – воздействия на нагрузку ( $u_2$ ) и скорость конвейера ( $u_3$ ).

В системе управления решаются задачи

- измерения текущей температуры концентрата на конвейере поз. 136.1;
- измерения влажности концентрата на конвейере поз. 136.1;
- выработки управляющих воздействий, подаваемых на частотно-регулируемый электропривод конвейера 136.1 и уставок температуры нагре-

вающих панелей, в соответствии с данными о текущей влажности концентрата и данными о текущем состоянии оборудования, поступающими от САУ ТК обогащения рядового угля.

Разработанная система управления внедрена и используется на ОФ «Матюшинская» для управления процессом сушки угольного концентрата.

*Работа выполнена по Госзаданию Минобрнауки России № 8.8611.2017/8.9.*

#### Библиографический список

1. Сазыкин Г. П. Сушка горячей поверхностью. / Г. П. Сазыкин, К. Н. Сывороткин, С. В. Белянин // Стандарт качества. – 2014 - №37 – С. 8.

2. Способ снижения влажности угля в процессе его обогащения [Текст]: пат. 2624163 Российская Федерация МПК С10L 5/00 (2006.01) / авторы и заявители Сазыкин Г.П. [и др.]; патентообладатель ЗАО «Гипроуголь».

УДК 681.51

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

**Макаров Г.В., Саламатин А.С., Сергеев В.С.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Мышляев Л.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: gmakarov@nicsu.ru*

Обозначены некоторые проблемы, возникающие при проектировании систем автоматизации управления, связанные с «системным эффектом». Предложены решения, основанные на методах теории подобия систем управления и разработке универсальных систем логического управления типовыми агрегатами.

Ключевые слова: системы управления, производственные комплексы.

Создание новых технологических объектов, в основном, происходит путем переноса полученных ранее решений на промышленных или полупромышленных аналогах, либо же физических моделях. Для этого хорошо развиты методы традиционной теории подобия для подобных объектов – физически, технологически, конструктивно и т.д. Однако до сих пор не решены задачи синтеза и настройки систем управления и законов регулирования при таком переносе, поскольку теория управления базируется на иных принципах, нежели физические законы или механизмы действия [1].

Особенно важно иметь и применять методы исследования систем управления для новых, не существовавших ранее объектов, исследования которых происходят на физических моделях, а их свойства значительно из-

меняются в периоды пусконаладочных испытаний и начальных стадий эксплуатации систем, поскольку именно тогда происходит замыкание контуров регулирования, корректировка технологических схем, поиск оптимальных технологических режимов. При этом последующее добавление управляющей системы к объекту вносит дополнительную неопределенность, что обусловлено изменением свойств объекта при введении управляющих связей, то есть, проявляется так называемый системный эффект.

Одним из возможных путей решения обозначенной проблемы является испытание и настройка систем управления на физических моделях объекта управления (или действующих прототипах) с обеспечением подобия модельной (натурно-модельной) и натуральных систем и соответствующим перенесением результатов, полученных на модельной системе на натурную. При таком подходе необходимо развитие традиционной теории подобия на системы управления и разработка процедур переноса результатов с модельной системы на натурную [2].

На этапе проектирования, в таком случае, необходимо обеспечить подобие не только будущего объекта, но и всей системы управления в целом. Для этого необходимо учитывать существующие соотношения для оценивания подобия и, исходя из них, вносить коррективы в технологические особенности объектов, для которых возможно изменение: производительности отдельного оборудования, длины трубопроводов, дополнительные исполнительные механизмы. В таком случае необходимо говорить об управлении подобием на этапе проектирования не только АСУ ТП, но и всей технологии в целом.

Методы теории подобия систем управления позволяют решить задачу синтеза и настройки систем автоматического управления как для отдельных контуров регулирования, так и более сложных структур. Однако при разработке АСУ ТП важной задачей является формирование универсальных локальных систем логического управления для всех технологических агрегатов [3], которых в одном контуре может быть несколько десятков. Все эти агрегаты составляют процессы и системы, которые можно классифицировать следующим образом:

- поточно-транспортные системы;
- непрерывное и циклическое дозирование;
- физико-химические превращения;
- тепловые преобразования;
- деформация материалов.

Для агрегатов, относящихся к одному типу необходимо говорить и о типовых системах логического управления. Для этого необходимо на уровне информационного обеспечения выделить конкретные переменные, которыми можно описать состояние агрегата в каждый момент времени и сопоставить каждую из них соответствующему типу переменных. Следующим шагом является составление обобщенной структуры данных и алгоритма управления, обладающего свойством «массовости», т.е. подходящего для

конкретного класса задач. Эта унификация позволяет разрабатывать АСУ ТП из готовых типовых решений, объединяя их логическими связями, что значительно сокращает время на разработку математического обеспечения и уменьшает риск появления различного рода ошибок.

#### Библиографический список

1. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. — М.: Наука. Физматлит, 1997. — 352 с.
2. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В.Я. Ротач. — М.: Энергия, 1973. — 439 с.
3. Макаров Г.В. Типовые автоматизированные технологические комплексы как элементы промышленных производств. [Текст]/ Г.В. Макаров, М.В. Раскин, А.С. Саламатин, Е.Н. Сидорович // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып. 20. — Ч. IV. Технические науки. — Новокузнецк: Изд. Центр СибГИУ, 2016. — С.201-202.

УДК 681.518.5: 622.7.012

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ**

**Иванов Д.В., Коровин Д.Е.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ляховец М.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: denis\_cor@mail.ru*

В Статье рассмотрены вопросы совершенствования верхнего уровня систем автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики с использованием специализированного программного обеспечения SCADA-систем Рассмотрены пакеты Wonderware System Platform 2017 и Iconics Genesis32. Произведено сравнение особенностей указанных пакетов.

*Ключевые слова.* Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), обогатительная фабрика (ОФ), Wonderware System Platform 2017 (WSP 2017), Iconics Genesis32, объектно-ориентированный подход, SCADA-система.

#### *Введение*

Для достижения высокого уровня автоматизации на промышленных предприятиях, в том числе обогатительных фабриках (ОФ), в решении задач диспетчеризации, управления, сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации применяются системы диспетчерского управления и

сбора данных (SCADA-системы). В настоящее время на рынке специализированного программного обеспечения представлено большое количество разнообразных систем. При модернизации автоматизированных систем управления технологическим процессом следующих обогатительных фабрик: «Антоновская», «Барзасское товарищество» – использованы SCADA-системы Wonderware System Platform 2017 (WSP 2017) [1] и Iconics Genesis32 [2] соответственно.

*Верхний уровень автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) ОФ «Антоновская»*

В настоящее время верхний уровень АСУ ТП ОФ «Антоновская», функционирующий на базе SCADA-системы RealFlex и операционной системы реального времени QNX, уже во многом не соответствует современным требованиям к системам автоматизации и нуждается в модернизации [3].

При модернизации АСУ ТП ОФ «Антоновская» аппаратные средства верхнего уровня были реализованы на базе персональных компьютеров, серверов виртуализации и дискового массива корпорации Hewlett-Packard, программные средства – гипервизора vSphere компании VMware (США) и пакета WSP 2017 компании Wonderware – структурного подразделения корпорации Schneider Electric (Франция).

Системная платформа WSP 2017 обеспечивает единую и масштабируемую программную платформу. Она выступает в качестве «промышленной операционной системы», благодаря предоставлению стандартных услуг, включающих визуализацию, настройку, развертывание, соединение, защиту, связь с данными, хранение данных и управление ими, взаимодействие персонала и многое другое. Она обеспечивает гарантированное получение пользователями необходимых результатов, защиту операционной целостности их предприятий, улучшение аналитических способностей персонала и его безболезненную адаптацию к проводимым изменениям.

Из полученного опыта разработки прикладного программного обеспечения АСУ ТП ОФ «Антоновская» и работы с пакетом прикладных программ WSP 2017 следует отметить следующие ключевые, на наш взгляд, моменты и особенности:

1. Возможность быстрого и легкого развертывания распределенной системы, состоящей из серверов, дискового массива и диспетчерских станций. Хранение данных на дисковом массиве обеспечивает возможность миграция виртуальных машин на резервный сервер.

2. Наличие многопользовательского доступа при разработке и изменении проекта. К проекту, расположенному на удаленном сервере, могут подключаются все разработчики, используя возможности терминального доступа к серверу.

3. Автоматическое тиражирование проекта на все станции. Изменения, внесенные в проект, автоматически переносятся на все узлы без необходимости перезагрузки.



4. Организация «горячего» резервирования серверов. Переключение с основного на резервный сервер осуществляется практически мгновенно, не создавая неудобств оперативно-диспетчерскому персоналу.

5. Наличие встроенной библиотеки символов и ActiveX-элементов. Разработка мнемосхемы технологического процесса ОФ значительно ускоряется и упрощается за счет использования имеющихся в библиотеке элементов.

6. Богатый набор драйверов ввода/вывода позволяет обмениваться информацией с оборудованием практически всех мировых производителей контроллеров, что весьма удобно при сопряжении со средствами автоматизации, поставляемыми комплектно с оборудованием.

7. Оперативная и квалифицированная работа службы поддержки Wonderware. Помощь в разрешении проблем оказывается в течение 1 – 2 дней, как по электронной почте, так и в личном общении по телефону.

8. Возможность использования объектно-ориентированного подхода при разработке системы.

В рамках модернизации верхнего уровня была создана распределенная система, состоящая из пяти виртуальных серверов и трех диспетчерских станций. Внесено более четырех тысяч тегов в ОРС-сервер, реализована система сбора и хранения предыстории. Разработано три видеокadra: главного корпуса, комплекса погрузки (рисунок 1) и комплекса углеприема.

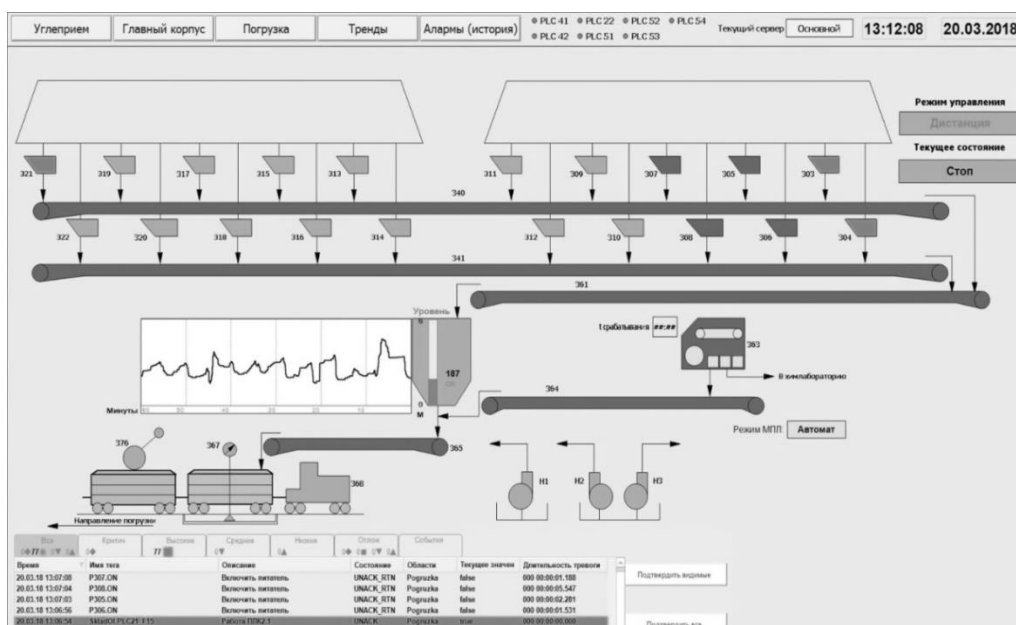


Рисунок 1 – Видеокادر «Погрузка» диспетчерской станции ОФ «Антоновская»

### *Верхний уровень АСУ ТП ОФ «Барзасское товарищество»*

Программное и информационное обеспечение верхнего уровня АСУ ТП ОФ «Барзасское товарищество» строится на базе SCADA-системы Genesis32 фирмы Iconics. Iconics Genesis32 представляет следующие возможно-

сти: полное резервирование OPC-данных, OPC тревог и событий и OPC исторических данных; туннелинг для любых сторонних OPC-серверов и OPC-клиентов; новую утилиту MonitorWorX, обеспечивающую централизованную диагностику системы и отображающую ее производительность; интеграцию туннелинга в универсальном навигаторе данных; группировку OPC-тегов и построение мостов данных[4].

Основными достоинствами данной SCADA-системы являются:

1. Встроенные командные языки и дополнительные средства обработки: система имеет возможность встраивания элементов управления ActiveX и объектов OLE, встроенную среду редактирования сценарных процедур;
2. Поддерживаемые базы данных: SCADA-система GENESIS32 использует синтаксис ANSI SQL, который не зависит от типа базы данных;
3. Графические возможности: среда разработки GraphWorX32 представляет собой графический объектно-ориентированный редактор с набором анимационных функций и встроенной библиотекой символов технологической графики.

В рамках модернизации верхнего уровня была проанализирована существующая структура SCADA-системы. Добавлены новые теги в OPC-сервер и OPC-туннель. Реализована система алармирования и сбора предыстории. Создан основной видеокادر и реализована система наследования, что позволило сократить количество создаваемых всплывающих окон.

На рисунке 2 представлен пример видеокадра флото-фильтровального отделения ОФ «Барзасское товарищество», созданный в Genesis32.

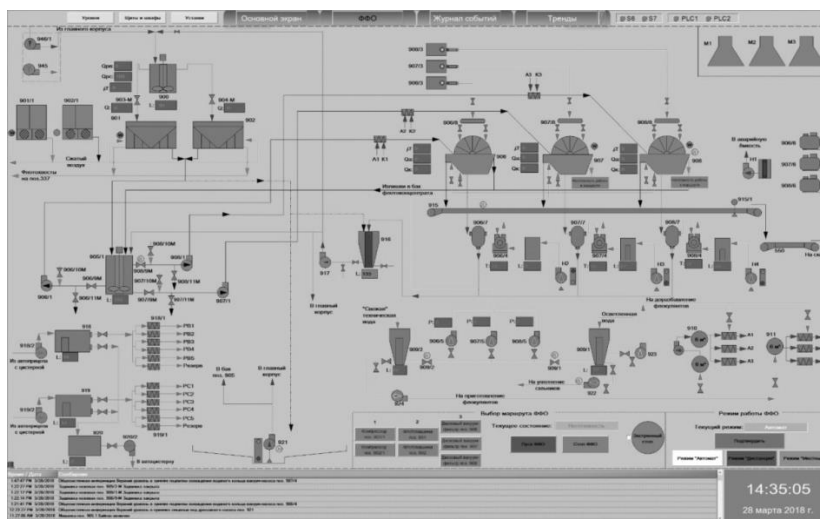


Рисунок 2 – Видеокادر «Флото-фильтровальное отделение» диспетчерской станции ОФ «Барзасское товарищество»

### *Заключение*

Модернизация верхнего уровня АСУ ТП ОФ позволяет расширить функциональные возможности системы, повышает удобство, безопасность и эффективность работы оперативно-диспетчерского персонала, организует

вает платформу для создания интегрированной системы класса MES и, как следствие, увеличивает потенциал для дальнейшего развития АСУ ТП. В процессе модернизации был использован весь спектр возможностей программного комплекса. Применение данных программных средств позволило в кратчайшие сроки и без значительных затрат произвести модернизацию верхнего уровня АСУ ТП ОФ.

Не смотря на то, что существует большое количество SCADA-систем, подходы в создании и модернизации верхнего уровня систем диспетчеризации во многом схожи. Это позволяет сделать вывод, что процесс создания мнемосхем в SCADA-системах подобен, отличия присутствуют только в инструментарии.

#### Библиографический список

1. Wonderware System Platform 2017 с InTouch OMI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wonderware.ru/hmi-scada/system-platform-2017-with-intouch-omi/> (дата обращения 28.04.2018).

2. Официальный сайт Iconics [Электронный ресурс]. - <http://www.iconics.com>.

3. Грачев В.В. Совершенствование верхнего уровня системы автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики «Антоновская» / В.В. Грачев, С.В. Прокофьев, О.Н. Лысенко, А.В. Циряпкина, Д. В. Иванов //AS'2017 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды конференции. – Новокузнецк, 2017. – С. 61 – 68.

4. Коровин Д.Е. Модернизация программного и информационного обеспечения верхнего уровня АСУ ТП ОФ ООО СП «Барзасское товарищество» / Д.Е. Коровин, И.А. Леонтьев, В.В. Грачев, М.Ю. Мелкозеров, М.В. Шипунов, М.В. Ляховец //AS'2017 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды конференции. – Новокузнецк, 2017. – С. 254 – 259.

УДК 620.179.162

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ SAFT В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК**

**Вдовенко А.Ю., Долматов Д.О.**

**Научный руководитель: Седнев Д.А.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, e-mail: ayv9@tpu.ru*

Одним из перспективных путей решения задач ультразвукового контроля, связанных с повышением требований к достоверности данных, является применение методик и приборов, визуализирующих внутреннюю структуру

объекта контроля. Для этого используют томографическую аппаратуру с фазированными антенными решетками (ФАР). В данной работе рассматривается алгоритм пространственно-временной обработки для ультразвуковой томографии с использованием ФАР, работающих в режиме двойного сканирования.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, ультразвуковая дефектоскопия, фазированные антенные решетки, метод синтезированной апертуры, режим двойного сканирования.

При всех положительных характеристиках ультразвуковая дефектоскопия не дает ответа на вопрос о размерах дефекта. Они определяются косвенно, но данный способ далеко не всегда адекватно характеризует реальные размеры. Для определения опасности дефекта применяется такая характеристика, как «условные размеры». Зачастую приходится отбраковывать изделие с малоопасными дефектами из-за низкой информативности результатов контроля, ведь решение о годности изделия принимается на основе установленных норм и правил.

Применение ФАР расширяет возможности УЗК изделий сложной формы, упрощает работу и повышает производительность [1]. Они представляют собой многоэлементные ультразвуковые преобразователи, в которых для управления генерацией и приемом ультразвука используются многоканальные блоки электроники.

Для повышения качества проводимого УЗК и повышения достоверности полученных данных используют методики и приборы, визуализирующие внутреннюю структуру обследуемого изделия. Одним из вариантов решения данной задачи является применение томографической аппаратуры.

В традиционной ультразвуковой дефектоскопии применяется исключительно механическое сканирование внутренней структуры объекта контроля. Данная методика проста и заключается в том, что выполняется физическое перемещение преобразователя по поверхности объекта контроля. Из каждого положения преобразователя производится излучение и прием ультразвуковых сигналов.

В ультразвуковой томографии с применением ФАР, основанной на импульсном эхо-методе, используются три вида сканирования и их сочетания:

- механическое сканирование – перемещением по поверхности объекта ультразвукового преобразователя с широкой диаграммой направленности с вводом в аппаратуру данных о координатах текущего положения преобразователя;
- электронное сканирование – физически сформированным пучком ультразвука фазированной антенной решетки;
- виртуальное сканирование – осуществляемое вычислительным путем с использованием набора сигналов, полученных при просвечивании изделия элементами ФАР [2].

Универсальным способом повышения качества изображений является

сочетание механического и виртуального сканирования. Методика заключается в том, что в процессе совместной пространственно-временной обработки всех сигналов, принятых преобразователем из всех его положений на поверхности объекта, происходит синтез ультразвуковой апертуры больших волновых размеров и реконструируется изображение внутренней структуры объекта. Причем синтезируемая апертура виртуально (т. е. после регистрации сигналов) фокусируется в каждую точку визуализируемой области [3]. Такой метод обзора пространства и получения его изображения называют методом синтезированной фокусируемой апертуры, в англоязычной литературе «Synthetic Aperture Focusing Technique» («SAFT») [2].

В случае использования в качестве преобразователя фазированных антенных решеток для регистрации ультразвуковых эхо-сигналов применяется режим Full Matrix Capture, в русскоязычной литературе часто именуемый режимом двойного сканирования [4]. Это особый процесс сбора данных, в котором каждый из  $N$  элементов последовательно используется в качестве передатчика, в то время как все остальные элементы являются приемниками. Полученные данные собираются в матрицу  $S$ , содержащую все сигналы. Ячейка матрицы  $S_{ij}$  содержит сигнал, передаваемый элементом  $i$  и принимаемый элементом  $j$ .

Совершенствование принципа синтезированной апертуры на основе применения фазированных антенных решеток в англоязычной литературе получило название Total Focusing Method (TFM). Алгоритм пост-обработки TFM выполняется сначала дискретизацией целевой области (в плоскости  $x$ ,  $z$ ) в сетку. Затем сигналы от всех элементов массива суммируются, чтобы синтезировать фокус в каждой точке сетки. Интенсивность изображения  $I(x, z)$  в любой точке сканирования определяется формулой:

$$I(x, z) = \left| \sum h_{tx,rx} \left( \frac{\sqrt{(x_{tx} - x)^2 + z^2} + \sqrt{(x_{rx} - x)^2 + z^2}}{c_1} \right) \right|$$

где  $c_1$  – скорость звука; в числителе путь, пройденный сигналом до дефекта (tx) и обратно (rx);

$h_{tx,rx}$  – коэффициент, полученный после комплексного преобразования Гильберта.

Для данного метода необходима линейная интерполяция дискретных сигналов во временной области. Это суммирование выполняется для каждой возможной пары передатчик-приемник и поэтому использует максимальный объем информации, доступной для каждой точки [5].

Применение Total Focusing Method позволяет получать синтезированное изображение внутренней структуры объекта контроля. Для реализации данного метода в экспериментальной части работы был использован программный пакет Matlab, в котором разрабатывался алгоритм пост-обработки сигналов.

Работоспособность созданного алгоритма была проверена на практике.

В первой части практической работы объект контроля сканировался вручную при помощи преобразователя с фазированной решеткой – Olympus В качестве объекта контроля выступал стандартный образец, представляющий собой стальной блок (рисунок 2) с просверленными боковыми отверстиями.

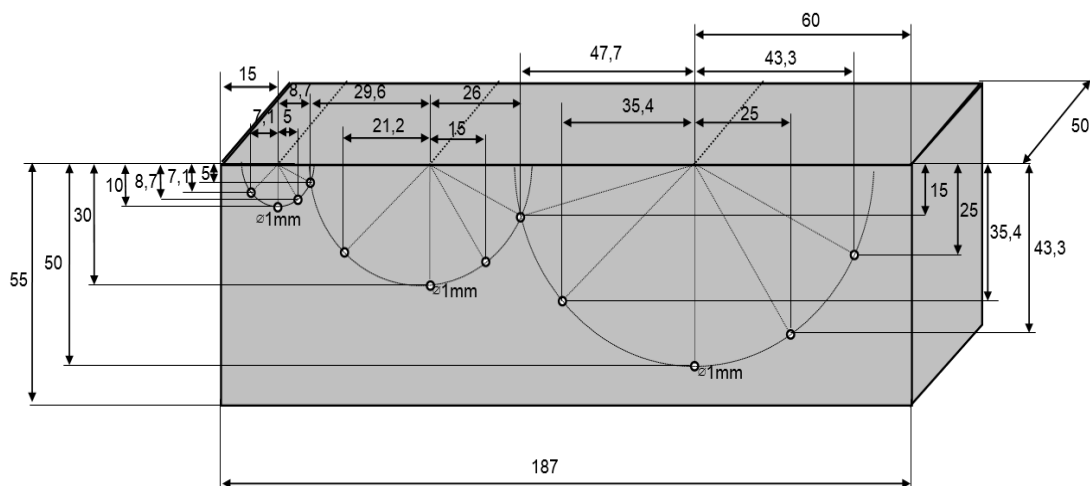


Рисунок 1 – Объект контроля

Преобразователь перемещался по поверхности объекта контроля с шагом 1 мм. Сохранённые результаты контроля по окончании расчётов формировались в файлы.

Для получения синтезированных изображений алгоритм Total Focusing Method был реализован на ЭВМ с использованием программного пакета Matlab. Входными данными для алгоритма являются эхо-сигналы, зарегистрированные элементами ФАР, а выходными данными – синтезированное изображение внутренней структуры объекта контроля представленные на рисунке 3.

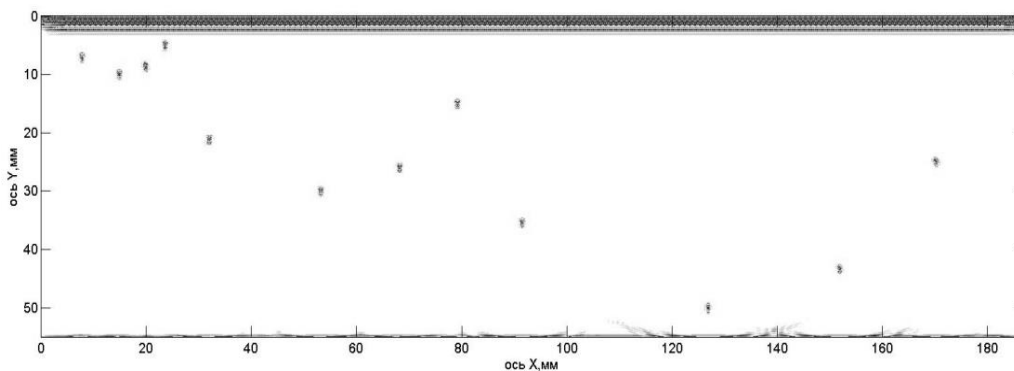


Рисунок 2 – Общее изображение объекта контроля

Таким образом, была подтверждена эффективность применения механического сканирования и алгоритмов, основанных на методе C-SAFT для повышения качества получаемых синтезированных изображений.

## Библиографический список

1. Алешин Н.П. Ультразвуковой контроль: учеб. пособие / под общ. Ред. В.В. Ключева. М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 15-17 с.
2. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г. Сканирование в ультразвуковой томографии / В мире неразрушающего контроля. Технологии НК. – 2010. – №3(49): Методы сканирования. – 7-10 с.
3. Бадалян В.Г., Базулин Е.Г., Вовилкин А.Х. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов / Под. ред. А.Х. Вовилкина. – М.: Машиностроение, 2008. – 157-159 с.
4. Шевалдыкин В.Г., Алехин С.Г., Бишко А.В. Заглянут в металл: теперь это просто. – В мире НК. 2008. №1(39). С. 46-53
5. Holmes C., Bruce W., Paul D. Post-processing of the full matrix of ultrasonic transmit–receive array data for non-destructive evaluation // Elsevier. – 2005 г. – №38 – 701-711 с.

УДК 621.43:004.42

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИАТОРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУЗОВОЙ ТЕХНИКИ**

**Пуртов В.Г.**

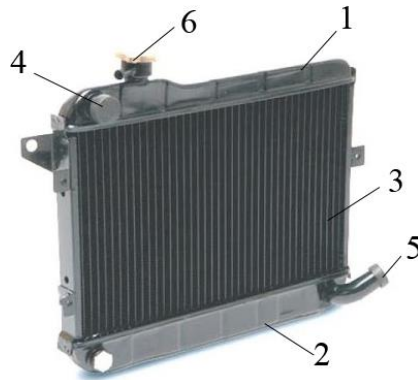
**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Оленников А.А.,  
канд. техн. наук, доцент Оленников Е.А.**

*Тюменский государственный университет,  
г. Тюмень, e-mail: oaa@cirkul-m.ru*

В статье представлен программный комплекс для конструирования радиаторов охлаждения двигателей внутреннего сгорания грузовой техники. Подробно описана структура программного комплекса, а также приведена оконная форма для взаимодействия с пользователем.

Ключевые слова: радиатор, охлаждающая рабочая жидкость, теплофизические свойства, гидравлические характеристики, аэродинамические характеристики, программный комплекс, расширяемая база данных.

Радиатор – устройство для рассеивания в воздухе избыточного тепла, необходимое для поддержания определённого температурного режима двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Одноблочный радиатор охлаждения ДВС представлен на рисунке 1. Обычно состоит из верхнего 1 и нижнего 2 сборных коллекторов объединяющие рабочую часть 3, в которой и происходит охлаждение жидкости путем обдува воздухом.



1, 2 – сборные коллекторы; 3 – рабочая область радиатора;  
4, 5 – подающий и обратный патрубки; 6 – заливная горловина.

Рисунок 1 – Радиатор охлаждения рабочей жидкости ДВС

Жидкость, поступает в радиатор из водяной рубашки ДВС по подающему патрубку 4, охлаждается в нём до приемлемой температуры (обычно 80-85 °С), после чего возвращается в двигатель по патрубку 5. Горловина 6 используется для заправки контура охлаждения рабочей жидкостью. Рабочая часть радиатора изготавливается из лёгких металлов (алюминия, меди или латуни), которые имеют хорошую теплопроводность и соответственно обеспечивают эффективное охлаждение рабочей жидкости.

При конструировании радиаторов охлаждения учитывают теплофизические свойства и геометрию отдельных элементов рабочей области 3, марку используемой рабочей жидкости, гидравлические и аэродинамические характеристики. Для решения этой задачи разработан программный комплекс «Refrigerant» [1], позволяющий на основании технического задания сконструировать радиатор охлаждения. Структура программного комплекса и рабочий интерфейс пользователя представлены на рисунках 2 и 3.

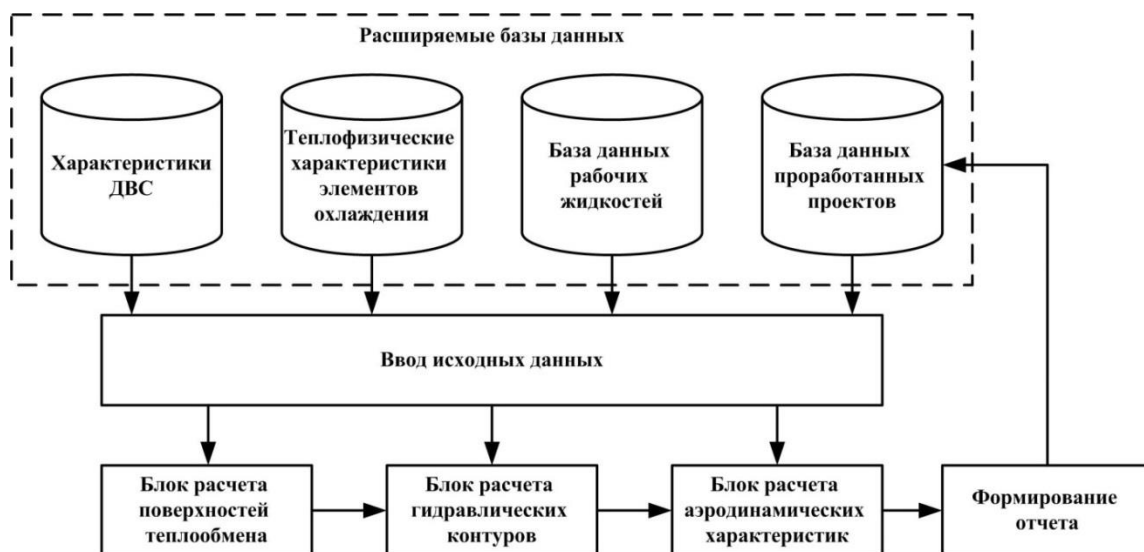


Рисунок 2 – Структура программного комплекса «Refrigerant»



Основной ценностью программного комплекса являются блоки расчета поверхностей теплообмена, гидравлических контуров и аэродинамических характеристик. Математические модели и основные подходы, используемые в этих блоках, были заимствованы в [2] с последующей конкретизацией.

На основании технического задания создается рабочая область оконного интерфейса. На вкладке «исходные данные» выбирается марка используемого в автомобиле двигателя, марка рабочей охлаждающей жидкости, температуры на подающих и обратных патрубках радиатора, а также температуры воздуха до и после радиатора. На этом этапе предоставляется возможность использования расширяемых баз данных: «характеристики ДВС», «база данных рабочих жидкостей» и «база данных проработанных проектов». База данных «характеристики ДВС» содержит необходимую информация о двигателях внутреннего сгорания (тепловые выделения двигателя, характеристики водяной помпы и вентилятора). «База данных рабочих жидкостей» содержит информацию об охлаждающих жидкостях Отечественных и зарубежных производителей, их физические и химические свойства. «База проработанных проектов» содержит полные отчеты о разработанных ранее радиаторах. Одним из преимуществ этой базы является быстрое создание нового проекта на основе ранее созданного отчета прототипа.

The screenshot shows the 'ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ' (Initial Data) tab of the REFRIGERANT software. The window title is 'REFRIGERANT - Радиатор для K-700 02.04.2018 10:34:11'. The interface includes a navigation bar with tabs: 'ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ', 'ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА', 'ГИДРАВЛИКА', 'АЭРОДИНАМИКА', and 'РЕЗУЛЬТАТЫ'. The main area contains a list of input parameters with their values and units. A 'Расчет' (Calculate) button is located at the bottom right.

Параметр	Значение	Единица
Название проекта	Радиатор для K-700	
Тип охладителя	Проект радиатора охлаждения (Антифриз)	
Выделяемая тепловая энергия агрегатом	150	кВт
Охлаждаемая среда	Антифриз 35%	
Давление охлаждаемой среды на входе в радиатор	0,5	Бар
Температура охлаждаемой среды на входе в радиатор	95	°C
Температура охлаждаемой среды на выходе из радиатора	85	°C
Средняя температура охлаждаемой среды	90,00	°C
Средняя плотность охлаждаемой среды	1049,000	кг/м³
Средняя теплоемкость охлаждаемой среды	2785,00	Дж/(кг*°C)
Средняя кинематическая вязкость охлаждаемой среды	0,000001680	м²/с
Охлаждающая среда	Воздух	
Температура охлаждающей среды до радиатора	40	°C
Температура охлаждающей среды после радиатора	60	°C
Средняя температура охлаждающей среды	50,00	°C
Средняя плотность охлаждающей среды	1,093	кг/м³
Средняя теплоемкость охлаждающей среды	1005,76	Дж/(кг*°C)
Средняя кинематическая вязкость охлаждающей среды	0,000017988	м²/с

Рисунок 3 – Рабочий интерфейс пользователя

На вкладке «поверхность теплообмена» из базы данных «теплофизические характеристики элементов охлаждения» указываются материалы из которых изготовлена единичная трубка, ее геометрические и теплофизические характеристики. Рассчитывается площадь поверхности теплообмена рабочей области радиатора и предварительно выводится количество и длина единич-

ных трубок для изготовления радиатора.

С помощью вкладки «гидравлика» рассчитываются: расход и скорость охлаждаемой рабочей жидкости, циркулирующей через радиатор, диаметры подающего и обратного патрубков, потери давления в радиаторе.

Посредством вкладки «аэродинамика» рассчитывается расход охлаждающего воздуха и потери давления, создаваемые рабочей областью радиатора.

Конечным этапом является создание отчета с последующим экспортом в формат docx или pdf.

*Выводы.* Представленный программный комплекс был создан для проектирования автомобильных радиаторов с последующей выдачей документации на их изготовление. Разработан по заказу ООО «Союз-Н» и был протестирован на 160 проектах. Представленный программный комплекс «Refrigerant» является полностью законченным программным продуктом. Может быть полезен для конструкторов, работающих в области радиаторостроения, а также для студентов при выполнении курсовых или выпускных квалификационных работ.

#### Библиографический список

1. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ / А. А. Оленников, И.И. Горбенко, С.В. Меркулов, Ю.В. Старикова. – № 2016661059; дата регистрации 28.09.2016.

2. Оленников, А.А. Математическое моделирование и комплекс программ для решения задач утилизации вторичной энергии отходящих газов металлургических агрегатов струйно-эмульсионного типа: дис....канд. техн. наук: 05.13.18: защищена 08.12.09: утв. 12.03.10. / А. А. Оленников - Новокузнецк, 2009. – 133 с.

УДК 621.313

## **ИЗМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА МАГНИТНОЙ ЦЕПИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ СОКРАЩЕНИЯ РИСКА ОБРЫВА СТЕРЖНЕЙ РОТОРА**

**Зайцев Н.С., Сунцов В.О.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Кипервассер М.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: gralb@list.ru*

Предложено изменение методики расчета магнитной цепи асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, заключающееся в увеличении магнитной индукции в сечении зубца ротора относительно рекомендуемого значения. Установлено, что уменьшение плотности тока в стержнях при уве-

личении значения магнитной индукции, снижает термическое воздействие тока и тем самым риск отгорания стержней. Определены границы увеличения коэффициента насыщения зубцовой зоны.

Ключевые слова: асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, обрыв стержня ротора от короткозамыкающего кольца, термическое воздействие тока в стержнях ротора, магнитная индукция в сечении зубца ротора, площадь сечения паза, коэффициент насыщения зубцовой зоны.

Доля технологических машин и механизмов с использованием асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором в качестве электромеханического преобразователя на предприятиях металлургической и горнодобывающей промышленности юга Кузбасса составляет  $85 \div 95 \%$ . Неисправности и дефекты приводных электродвигателей напрямую влияют на ритмичность технологических процессов и экономические показатели предприятий [1].

Неисправности, возникающие в АД с короткозамкнутым ротором, можно условно разделить на механические и электрические. К часто встречающимся на практике механическим дефектам можно отнести такие, как износ и нарушение работы подшипников (12 %), ослабление крепления обмоток статора (4 %), небаланс ротора электродвигателя (3 %), несоосность валов двигателя и механизма (2 %). К частым электрическим повреждениям асинхронных двигателей относятся: межвитковые замыкания обмотки статора (15%), обрыв стержня ротора в результате термического воздействия тока в пусковых режимах и режимах перегрузки (13,5%), пробой изоляции обмоток статора (11%) и обрыв фазы обмотки статора (8 %) [2]. Данные по распространенности на практике указанных дефектов представлены на рисунке 1.

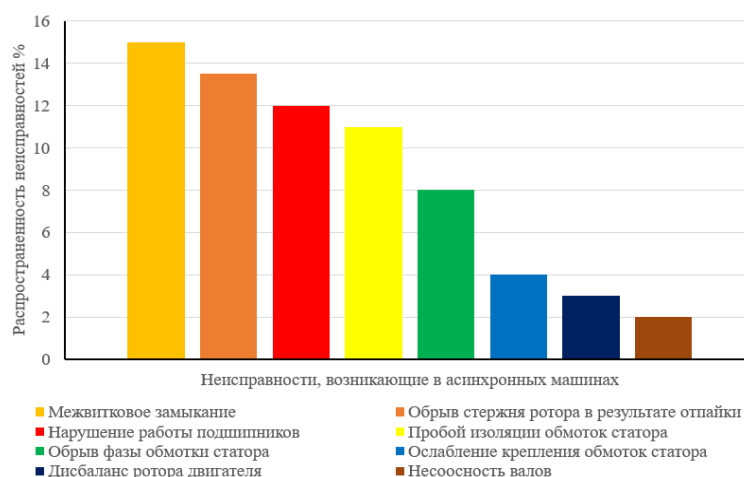


Рисунок 1 – Наиболее распространенные неисправности асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

Как следует из рисунка 1, одной из часто встречающихся проблем короткозамкнутых АД является обрыв стержня ротора в результате его отпайки от короткозамыкающего кольца. На рисунке 2 представлен вид ротора

асинхронного двигателя с отпаявшимся (отгоревшим) от кольца стержнем и характерные повреждения машины после отпайки.



Рисунок 2 – Обрыв стержня асинхронного двигателя с «беличьей клеткой» от короткозамыкающего кольца вследствие термической перегрузки

Возникновение аварийной ситуации сопровождается дефектами и разрушением деталей, прилегающих к стержню обмотки: разрушение пазовой изоляции, короткие замыкания в стали сердечника ротора, прогорание крепежных бандажей обмотки ротора, что, в свою очередь, приводит к увеличению продолжительности и стоимости ремонта.

Косвенной причиной возникновения указанных выше термических перегрузок является конструктивное исполнение обмотки короткозамкнутого ротора. Основным факторами, влияющими на повышение температуры, являются значение тока стержня и переходного сопротивления точки контакта «стержень-кольцо». Одним из способов решения проблемы является снижение переходного сопротивления точки контакта, а также увеличение сечения участков стержня, прилегающих к точке контакта. Достижение подобной цели возможно путем внесения изменений в методику расчета, используемую при проектировании асинхронных электромашин.

Внесение предлагаемых корректив возможно для двигателей средней и большой мощности. В работе предметом исследования являются асинхронные двигатели мощностью  $P \geq 100$  кВт, числом пар полюсов  $6 \leq 2p \leq 12$  с исполнением по способу защиты от воздействия окружающей среды IP23 и IP44.

За основу взята методика расчета, приведенная в [3]. Для исследуемых двигателей, в зависимости от их исполнения по способу защиты и количества пар полюсов, рекомендуется принять значения магнитной индукции в сечении зубца ротора согласно [3, Таблица 6.10]. В работе было установлено, что незначительное отклонение от рекомендаций в сторону увеличения магнитной индукции позволяет увеличить площадь сечения пазов ротора при неизменных габаритах машины. В свою очередь, такое увеличение позволяет снизить плотность тока в стержне ротора и тем самым уменьшить риск обрыва стержня от короткозамыкающего кольца. Незначительное увеличение магнитной индукции сечения зубца ротора не приводит к насыщению стали зубцовой зоны ротора свыше допустимых значений. Это объясня-

ется тем, что в работе рассматриваются асинхронные машины средней и большой мощности, для которых характерно меньшее насыщение зубцовой зоны по сравнению с машинами малой мощности, где имеют место большие значения магнитодвижущей силы для воздушного зазора [3, с. 195].

В общем случае ширина сечения зубца ротора может быть найдена из следующего соотношения:

$$b_{z2} = \frac{B_{\delta} t_2 l_2}{B_{z2} l_{ст2} k_c}, \quad (1)$$

где  $B_{\delta}$  – значение индукции в воздушном зазоре;

$t_2$  – зубцовое деление ротора;

$l_2$  – длина сердечника ротора;

$B_{z2}$  – магнитная индукция в сечении зубца ротора;

$l_{ст2}$  – длина стали сердечника ротора;

$k_c$  – коэффициент заполнения сталью магнитопровода ротора;

Из соотношения (1) видно, что, увеличивая значение индукции в сечении зубца ротора, можно уменьшать ширину зубца. Так при уменьшении ширины зубца ротора имеет место увеличение ширины паза, что, в свою очередь, приводит к увеличению сечения паза. При увеличении площади сечения паза при одном и том же значении тока  $I_2$  будет происходить уменьшение его плотности  $J_2$  исходя из соотношения:

$$J_2 = \frac{I_2}{q_2}, \quad (2)$$

где  $I_2$  – ток стержня ротора, приведенный к обмотке статора;

$q_2$  – сечение паза ротора.

Следует учесть, что выражение (1) справедливо для зубцов статора с постоянным сечением. При переменном сечении необходимо завязать величину магнитной индукции в наиболее узкой части зубца относительно той, которая приводится в [3] и рассчитать ширину соответствующей части паза. Геометрические параметры остальной части паза определяются без отклонений от методики расчета, приведенной в [3]. При определении ширины наиболее узкой части зубца пользуются формулой аналогичной (1) с поправкой на магнитную индукцию в соответствующей части зубца:

$$b_{z2min} = \frac{B_{\delta} t_2 l_2}{B_{z2min} l_{ст2} k_c}, \quad (3)$$

где  $B_{z2min}$  – значение магнитной индукции в узкой части зубца короткозамкнутого ротора.

Данные по исследованию влияния магнитной индукции в сечении зубца ротора машин разного исполнения по способу защиты на плотность тока в стержне сведены в таблицу 1. Влияние количества пар полюсов не рассматривается по той причине, что для данных двигателей при  $6 \leq 2p \leq 12$  значения магнитной индукции в сечении зубца принимаются одинаковыми

[3, Таблица 6.10]. Значение плотности тока, относительно которой ведется расчет принимаем равным:  $J_2 = 4,0 \dots 6,0 \frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ , а значение коэффициента насыщения зубцовой зоны –  $k_z = 1,25$ . Увеличение магнитной индукции осуществляется относительно максимально рекомендуемого значения для двигателей того или иного исполнения по способу защиты:  $B_{2Z} = 1,85$  Тл для IP44;  $B_{2Z} = 1,9$  Тл для IP23.

Таблица 1 – Влияние магнитной индукции на плотность тока в стержне

Магнитная индукция, Тл		Плотность тока, А/м <sup>2</sup> (относительное снижение плотности тока)
IP44	IP23	
1,9	1,95	3,92..5,88 (-2%)
1,95	2,0	3,88..5,82 (-3%)
2,0	2,05	3,84..5,76 (-4%)
2,05	2,1	3,78..5,64 (-5,5%)
2,1	2,15	3,7..5,56 (-7,5%)

В таблице 1 параметры магнитной индукции берутся для зубьев с переменным сечением, ввиду того, что асинхронные двигатели большой мощности чаще всего имеют сложную форму паза.

Ввиду отклонения от методики, приведенной в [3], было рассмотрено влияние изменения магнитной индукции на параметры магнитного поля зубцовой зоны. Данные о влиянии магнитной индукции на коэффициент насыщения зубцовой зоны приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение коэффициента насыщения зубцовой зоны в зависимости от изменения индукции участка

Магнитная индукция, Тл		Коэффициент насыщения зубцовой зоны (относительное увеличение коэффициента)
IP44	IP23	
1,9	1,95	1,309 (4,7%)
1,95	2,0	1,382 (10,56%)
2,0	2,05	1,477 (18,16%)
2,05	2,1	1,543 (23,44%)
2,1	2,15	1,621 (29,7%)

Как видно из таблицы 2 после увеличения магнитной индукции в наименьшем участке зубца ротора на 0,15 ... 0,2 Тл дальнейшее увеличение приводит к чрезмерному насыщению зубцовой зоны согласно условию:  $1,2 \leq k_z \leq 1,5$ .

*Выводы.* В статье предложен способ предотвращения аварийной ситуации отпайки стержня обмотки ротора от короткозамыкающего кольца

трехфазного асинхронного двигателя путем корректировки методики расчета магнитной цепи машины.

При проведении исследования установлено, что при увеличении величины магнитной индукции происходит уменьшение плотности тока в стержнях короткозамкнутого ротора, что снижает термическое воздействие тока и тем самым увеличивает ресурс стержней и снижает риск их отгорания.

#### Библиографический список

1. Методика автоматического распознавания аварийных ситуаций механического оборудования, сопряженного с электрической машиной. Кипервассер М.В. В сборнике: Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: труды четвертой Всероссийской научно-практической конференции. Под общей редакцией В.Ю. Островляничика. / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2010– С.245-247.

2. Определение неисправностей асинхронного электродвигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://energo.ucoz.ua/publ/5-1-0-10?oprd=1>; 25.02.2018.]

3. Проектирование электрических машин: Учеб. для вузов / И. П. Копылов [и др.] – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 757 с.: ил.

УДК 378

## **АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ И ВЫПОЛНЕНИЯ СПОРТИВНЫХ НОРМАТИВОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ ПО БАСКЕТБОЛУ**

**Рындовская Е.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Огнев С.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Целью исследования является анализ межличностных отношений методом социометрических измерений и данных о выполнении нормативов для формирования стартового состава баскетбольной команды.

Ключевые слова: межличностные отношения, частотный анализ.

Для решения данной задачи применялись: метод социометрических измерений, необходимый для изучения неофициального структурного аспекта группы и царящей в ней психологической атмосферы, метод рангов, регрессионный, корреляционный и частотный анализ для исследования данных о выполнении нормативов [1].

В ходе исследования межличностных отношений было определено три параметра, которые мы предполагали исследовать: спортивная деятельность,

дружеские отношения, партнерские отношения. Для их измерения членам команды был задан три вопроса: «С кем из членов команды вы бы хотели играть в одной пятерке?», «С кем вы хотели бы жить в одном номере гостиницы?», «С кем бы вы выполняли лабораторную работу?». Опрос был проведен методом анкетирования. После заполнения анкет проводилась обработка данных. Полученные данные заносились в социоматрицу.

В социоматрице, отображающей спортивную деятельность (ответы на 1-й вопрос), больше всех голосов получили Хайретдинова Ольга – 9, Рындовская Елизавета – 8, Дерябина Катя – 7, Гуляева Настя – 7, Чернова Алена – 7. Таким образом, самый высокий статус по спортивной деятельности имеет Хайретдинова Ольга. В зону «игнорируемых» попали два человека. В зону «изолированных» попали три человека.

В социоматрице дружеских отношений отражены данные по второму вопросу. Больше всех голосов было отдано: Хайретдиновой Ольге – 8, Кротковой Марии, Соня Корнева – 6, по 4 голоса получили Лиза Рындовская, Тая Жилкина.

Важно отметить, что никто из членов команды не получил отрицательного отзыва. Это говорит о позитивных отношениях в команде, как по отношению к новым членам команды (студентам младших курсов), так и к старшекурсникам. Из трех исследуемых позиций: соревновательная деятельность, дружеские отношения и партнерские отношения, на первое место выходит дружба.

Анализ результатов исследования данных о выполнении нормативов проводился с помощью метода рангов, регрессионного анализа, корреляционного анализа, частотного анализа [3]. Благодаря каждому методу мы получали пять лучших игроков по определенному признаку.

В результате проведения *метода рангов* получили пять лучших игроков по проценту попадания для выбора их в стартовую пятерку: Дерябина Катя, Чернова Алена, Гуляева Настя, Хайретдинова Ольга, Рындовская Лиза.

Основная особенность *регрессионного анализа*: при его помощи можно получить конкретные сведения о том, какую форму и характер имеет зависимость между исследуемыми переменными. В нашем примере коэффициент детерминации равен 0,859, или 85,9 %. Это означает, что расчетные параметры модели на 85,9 % объясняют зависимость между изучаемыми параметрами. В нашем примере прямая зависимость между весом и скоростью бега хорошая. Поэтому признаку лучшими показали себя: Рындовская Лиза, Лебедева Ксения, Дерябина Катя, Чернова Алена, Хайретдинова Ольга.

*Коэффициент корреляции*  $r = 0,82$  означает, что между силой мышц кисти и процентом реализации трехочкового броска хорошая положительная связь. То есть, чем больше сила мышц, тем выше процент точных бросков. По данному признаку лучшими являются: Дерябина Катя, Чернова Алена, Гуляева Настя, Хайретдинова Ольга, Рындовская Лиза.

*Частотный анализ* данных о выполнении штрафного броска показал,



что только 2 игрока имеют процент выше 80 % (Дерябина, Чернова), 2 человека выполняют штрафной бросок с 70-80 % попадания (Гуляева, Хайретдинова), остальные ниже 70 %.

В результате исследования сформирована таблица 1 для анализа и формирования стартового состава команды.

Таблица 1 – Результаты исследования

Ф.И.О.	Социограммы			Метод рангов	Регрессионный анализ
	спортивная деятельность	дружеские отношения	партнерские отношения		
Хайретдинова					
Котина					
Кроткова					
Рындовская					
Дерябина					
Корнева					
Гуляева					
Чернова					
Жилкина					
Лебедева					

На основе проведенного анализа, отраженного в Таблице, можно сделать вывод, что лучшими претендентами для стартового состава являются: Дерябина Катя, Чернова Алена, Гуляева Настя, Хайретдинова Ольга, Рындовская Лиза. Стартовая пятерка в соревновательном сезоне 2017-2018 года выглядела следующим образом: Хайретдинова, Рындовская, Дерябина, Гуляева, Чернова. Таким образом, мнение тренера и членов команды по оптимальному составу команды совпали, что является не маловажным фактором успешной соревновательной деятельности.

#### Библиографический список

1. Журавлев А.Л. Социально-психологический климат коллектива [Текст]: учеб. / А.Л. Журавлев - М. : 1981. - 94 с.
2. Обозов Н.Н. Психология межличностных отношений [Текст]: учеб. / Н. Н. Обозов - М. : 1990. - 192с.
3. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование. В 3-х т. Т. 3. Статистические методы анализа данных: Учебник / А.И. Орлов. - М.: МГТУ им. Баумана, 2012. - 623 с.
4. Сластенин В.А. Педагогика [Текст]: учеб. для СПО / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов. - М. : Академия, 2008. - 576 с.
5. Эйстер А.У. Основные направления в изучении малых групп [Текст]: учеб. / А.У. Эйстер - М. : 1961. - 234 с.

## **ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА**

**Борисов Р.С.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Калашников С.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: s.n.kalashnikov@yandex.ru*

В данной статье рассматриваются проблемы разработки пользовательских интерфейсов, причины их возникновения и варианты решения некоторых таких проблем.

Ключевые слова: интерфейс, графический редактор, эргономика, ЧМИ, SCADA.

В настоящее время интерфейс пользователя является неотъемлемой частью любой компьютерной системы, но несмотря на свое важное значение, далеко не всегда он является практичным, удобным и «дружественным» для конечного пользователя. Эта проблемная ситуация является актуальной потому, что удобство интерфейса является одним из основополагающих факторов по которым пользователь судит о всей системе, и основываясь на том насколько ему удобен и понятен интерфейс принимает решение о использовании соответствующей компьютерной программы. Несмотря на то, что первые пользовательские интерфейсы, в привычном для нас виде, зародились еще в 70-е годы, когда в научно-исследовательском центре Xerox PARC были созданы графические интерфейсы пользователя (GUI), до сих пор проблема их эргономики порой стоит достаточно остро.

Стоит отметить что эргономика и качество человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) могут иметь разную ценность в зависимости от назначения конечного продукта. Если речь идет о программе, в которой пользователю не так часто приходится выполнять какие-то действия с интерфейсом (например, текстовый редактор) то здесь вопрос удобства не стоит так остро, как, допустим, в графическом редакторе, где все время работы занимает именно использование интерфейса. Также к этому вопросу можно подойти и со стороны цены ошибки пользователя, вызванной неудобным для него ЧМИ. Если в том же текстовом редакторе пользователь нажмет не на ту кнопку или не заметит какое-то оповещение, не произойдет ничего страшного, то в случае, например со SCADA системами эти же ошибки могут носить катастрофический характер последствий.

Причиной проблем разработки качественных интерфейсов отчасти служит трудоемкость проектирования и разработки. Некоторые компании-разработчики в угоду материальной выгоде пренебрегают качеством конечного продукта. Другой причиной может служить и то, что одному человеку

разработчику очень сложно предусмотреть все аспекты, влияющие на удобство конечного продукта для пользователя. Например, в крупных компаниях занимающихся автоматизацией промышленных объектов, помимо разработчика SCADA систем, который занимается непосредственно ее программной реализацией, в процессе создания интерфейса также принимают участие технолог и дизайнер, и такое взаимодействие дает ощутимые результаты, не только в повышении качества, но и в увеличении скорости разработки. Графическое отображение такого взаимодействия приведено ниже на рисунке 1, из которого видно, что стоит убрать лишь один из компонентов, и качественного результата, находящегося в месте пересечения всех трех показателей качества интерфейса, уже не получится.



Рисунок 1 – Аспекты интерфейса

Если говорить о SCADA системах и промышленной автоматизации, то в данной области прослеживается тенденция преобладания сложности разработки графического интерфейса над его реализацией. Это обусловлено тем, что современные программы для разработки SCADA систем достаточно удобны и ориентированы на разработчика. У них есть широкий набор необходимых функций, а часть работы по созданию может быть автоматизирована или упрощена. Но учитывая объемы автоматизации и количество всевозможных отслеживаемых параметров в рамках одного объекта, далеко не просто создать систему, которая будет одновременно удобна, информативна и позволит свести к минимуму человеческий фактор.

Решение данных проблем затруднено тем, что невозможно выработать единый стандарт для разработки ЧМИ, который бы охватывал все аспекты и регламентировал все проблемные моменты, возникающие в процессе разработки. Невозможно это потому, что количество вариантов ЧМИ необходимых для решения различного рода задач крайне велико. Конечно, существуют как официальные (например, ГОСТ Р МЭК 60073-2000 Интерфейс человек-машинный), так и не официальные стандарты разработки, которые выверены годами, но набор таких правил далек от всеобъемлющей полноты. Особенно остро это ощущается при разработке интерфейсов диспетчеризации, где каждый объект автоматизации может быть уникален и прорабатывать то, что, где и как должно быть показано диспетчеру приходится каждый раз практически с нуля.

Решением задач, связанных с интерфейсом для конечного пользовате-

ля, может стать, как говорилось выше, привлечение команды грамотных разработчиков, для которых решение этого вопроса не так очевидно и требует более детального и глубокого анализа и изучения конкретной предметной области.

#### Библиографический список

1. Ицикович, Э.Л. Методы рациональной автоматизации производства [текст] / Э.Л. Ицикович. – Москва: Инфра-Инженерия, 2009 – 249 с.
2. Елизаров, И.А. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы [Текст]: учебное пособие для студ. вузов / И.А. Елизаров. – Тамбов: Тамбовский гос. технический ун-т, 2015 – 159 с.
3. Современные технологии промышленной автоматизации [Текст]: учебное пособие / О.В. Шишов. – Москва: Директ-Медиа, 2015 – 368 с.
4. Основные тенденции развития SCADA-систем | Статья в журнале «Молодой ученый» [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/205/50160/>, свободный.
5. Наука и Образование: научно-техническое издание: 77-30569/224479 Интеллектуальные SCADA-системы: истоки и перспективы [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/224479.html>, свободный.

УДК 378

## **МЕТОД ПРЕЦЕДЕНТОВ В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ**

**Миронова К.А., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

Традиционные подходы к организации процесса управления сложными объектами не всегда оказываются эффективными. Между тем, цена ошибки и неверно выработанного управляющего решения (воздействия) может оказаться очень высокой. В связи с этим, необходимо разрабатывать новые методы управления сложными технологическими и организационными объектами. Одним из перспективных, применительно к трудно формализуемым объектам, является метод прецедентов, основанный на накоплении и повторном использовании опыта эффективного управления в действующей системе или её аналогах.

Сущность прецедентного подхода к управлению сложными объектами заключается в том, что для принятия управляющих решений используется предыдущий опыт управления данными объектами в похожих ситуациях.

Согласно [1], прецедент - это случай, имевший место ранее и служащий примером или оправданием случаев подобного рода. Соответственно, в повторяющихся ситуациях функционирования сложного объекта и его управляющей системы могут быть приняты повторяющиеся качественные решения, которые, скорее всего, окажутся эффективными. При этом, не требуется строить и регулярно корректировать сложную математическую модель объекта, учитывающую многочисленные внешние и внутренние факторы.

Метод рассуждений на основе прецедентов наглядно представляется с помощью, так называемого прецедентного цикла, CBR-цикла (Case-based reasoning). Структура CBR-цикла [1,2] представлена на рисунке 1.

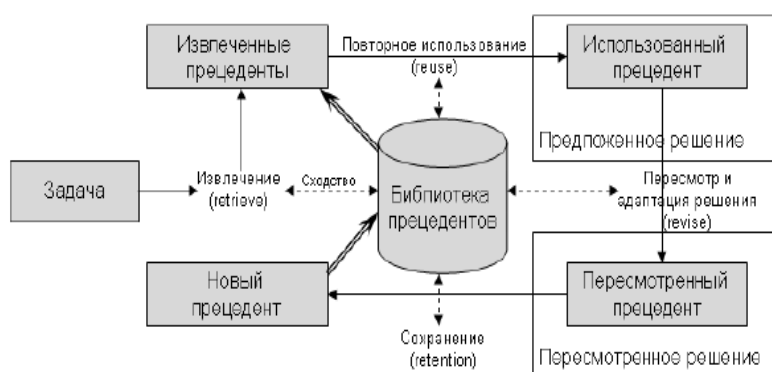


Рисунок 1 - Структура CBR-цикла принятия решений

В общем случае, для конкретной задачи управления, из библиотеки прецедентов извлекаются прецеденты, которые в большей или меньшей степени соответствуют условиям решаемой в данный момент задачи. Далее, уже из небольшого количества прецедентов, выбирается один, который берется за основу при принятии управляющего решения (использованный прецедент). В случае необходимости производится коррекция (адаптация) используемого прецедента с учетом условий новой задачи и, в случае успешного решения задачи, пересмотренный прецедент добавляется в библиотеку прецедентов и в дальнейшем может быть использован для решения новых задач. Таким образом, чем дольше функционирует система, тем обширнее у нее библиотека прецедентов, и тем эффективнее будут принимаемые решения.

Рассмотренный подход целесообразно применять при управлении современными сложными трудно формализуемыми технологическими объектами. На рисунке 2 представлена структура системы управления сложным технологическим объектом на основе прецедентов [3].

В качестве технологического объекта может быть представлен любой трудно формализуемый объект, имеющий множество входных и выходных переменных. Это может быть электросталеплавильная печь, комбайновый комплекс угольной шахты, современный летательный аппарат и т.д. Объект находится в конкретной среде и подвержен влиянию как контролируемых  $w_K^D$ , так и неконтролируемых внешних воздействий  $w_{HK}^D$ . Контролируемые

воздействия могут иметь самую различную природу, определяемую спецификой функционирования объекта. Неконтролируемые воздействия не зависят от свойств объекта. Это может быть изменение температуры, давления, влажности воздуха, состав и свойства перерабатываемых материалов и т.д.

Система мониторинга работы технологического объекта отслеживает фактические параметры функционирования объекта в режиме реального времени с заданным шагом дискретизации.

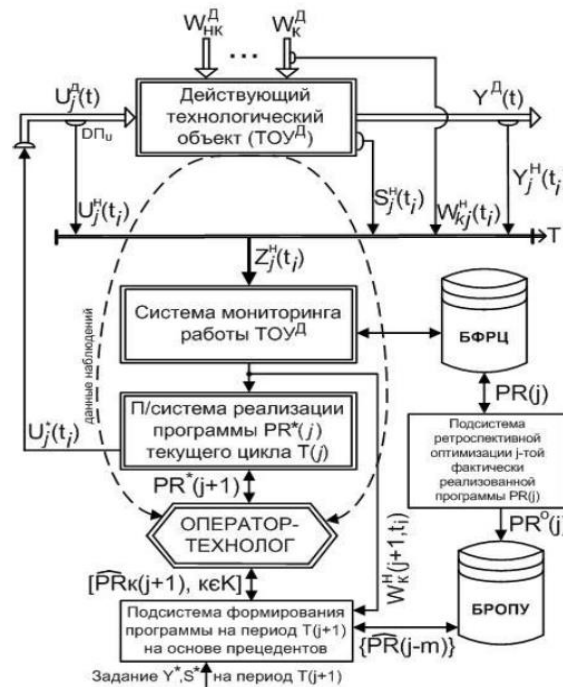


Рисунок 2 - Схема формирования и реализации программ управления сложным технологическим объектом циклического действия на основе прецедентов

Данные, сформированные системой мониторинга, передаются в подсистему реализации программы управления текущим циклом работы объекта в базу данных о фактически реализованных технологических циклах (БФРЦ). Подсистема реализации программы текущего цикла формирует последовательность управляющих воздействий на объект по заранее заданной программе, специфика которой определяется характером функционирования объекта.

Информация о результатах реализации программы текущего технологического цикла отображается оператору-технологу. Последний контролирует работу объекта и, при необходимости, может внести изменения в работу подсистемы реализации программы текущего цикла. Если никаких изменений вносить не требуется, функции оператора сводятся к ее исполнению и наблюдению за объектом.

БФРЦ осуществляет обмен информацией с подсистемой ретроспективной оптимизации фактически реализованной программы. Задача подсистемы заключается в том, чтобы оптимизировать (если в этом есть необходимость) вариант реализации технологического процесса для конкретных условий.

Следует иметь в виду, что оптимизированный вариант реализации технологического процесса может существенно отличаться от фактического и обеспечить лучший вариант технологического процесса. Оптимизированный вариант может являться прецедентом и в дальнейшем использоваться для принятия управляющих решений. Результаты работы подсистемы ретроспективной оптимизации передаются в базу ретроспективных оптимальных программ управления (БРОПУ). Согласно заданию на предстоящий период, подсистема формирует вариант программы управляющих воздействий на объект и отображает его оператору-технологу. Оператор оценивает предложенный вариант и принимает решение о его реализации, либо корректировке.

С целью реализации описанного выше подхода применительно к управлению конверторной плавкой стали, построена информационная модель прецедента.

В модуле "Описание ситуации" представлены данные по параметрам шихтовых материалов до начала плавки. Эти данные могут меняться в зависимости от заданной марки стали и качества исходных материалов.

В модуле "Управляющие воздействия" приводится информация по управляющим воздействиям конверторной плавки.

Модуль "Результат плавки" содержит информацию о конечном продукте, который получен из шихтовых материалов при конкретных управляющих переменных плавки. Значения параметров управления фиксируются в режиме реального времени.

Модель прецедента для системы составления программы управления конверторной плавкой стали показана на рисунке 3.

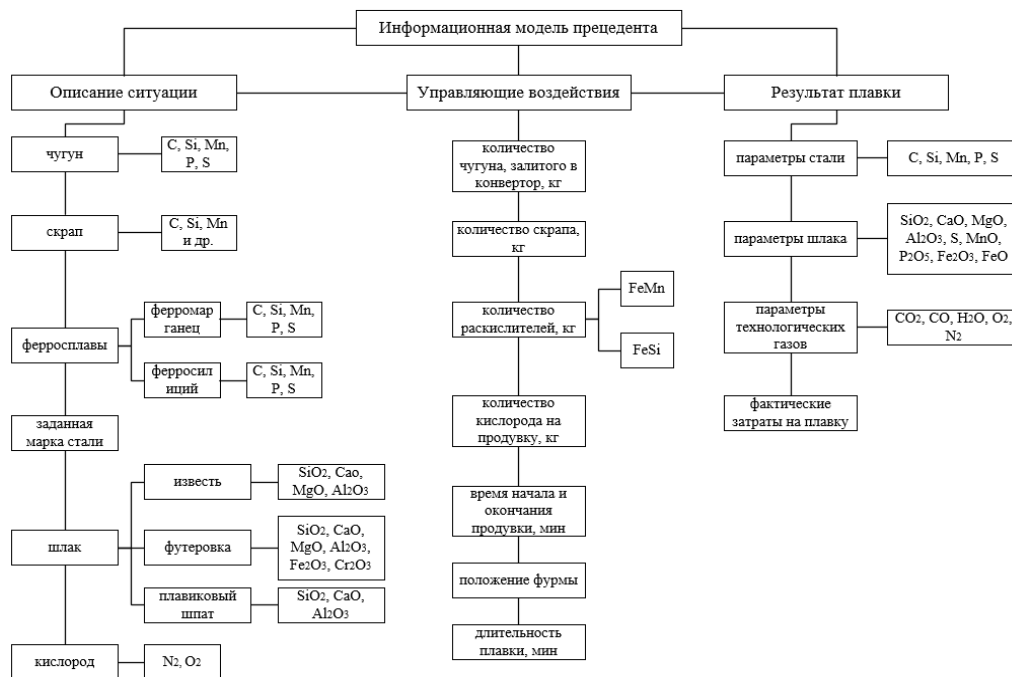


Рисунок 3 – Модель прецедента для задачи формирования программы управления конверторной плавкой стали

Полученная модель, достаточно проста, но содержит всю необходимую информацию о ходе и результатах конкретной конвертерной плавки. Если полученная сталь соответствует предъявляемым требованиям, то конкретные значения параметров модели помещаются в базу прецедентов в качестве удачного решения, которое в дальнейшем может использоваться для управления в схожей ситуации.

#### Библиографический список

1. Варшавский П., Алехин Р. Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов // International Journal "Information Models and Analyses" Vol. 2/2013, Number 4, стр. 385-392.
2. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches // Artificial Intelligence Communications. IOS Press. 1994. – Vol. 7, № 1. – P. 39-59.
3. Кулаков С.М., Трофимов В.Б., Добрынин А.С., Тараборина Е.Н. Прецедентный подход к формированию программ управления объектами циклического действия // Труды XI Всероссийской НПК "Системы автоматизации в образовании, науке, производстве" 14-16 декабря 2017 г., г.Новокузнецк, с. 9-17.

УДК 62-09.064.5

### **ВНЕДРЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАЛЕПАВИЛЬНОГО ЦЕХА**

**Мионов М.С., Сигачев Н.А., Воронцов А.В.  
Научный руководитель: Кузнецов В.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
АО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк*

Выполнено исследование влияния внедрения СТК в высоковольтных сетях с резко переменной нагрузкой. Выполненные исследования показывают, что внедрение СТК в высоковольтных сетях, положительно сказывается на уменьшении значения реактивной мощности, а так же позволяет обеспечить необходимый уровень фликера.

Ключевые слова: СТК, ЭСПЦ, прокатное производство, реактивная мощность, фликер, высоковольтные сети, просадка напряжения.

Целью настоящей работы является анализ параметров сети 35кВ в электросталеплавильном цехе (далее ЭСПЦ) производства железнодорожного проката АО «ЕВРАЗ ЗСМК» и выбор решений по использованию СТК [1].



В связи с увеличением объемов производства и качества продукции в ЭСПЦ особую актуальность приобретают вопросы по обеспечению требований по качеству электроэнергии, регламентированных ГОСТ 13109-97 и эффективной компенсации реактивной мощности.

Дуговые электропечи и электрическая сеть, включенные в единую систему, оказывают взаимное влияние на элементы системы. Воздействие питающей сети на дуговые электропечи проявляется через напряжение на шинах печной подстанции (рисунок 1) [2].

Основная схемная конфигурация СТК включает в себя набор фильтров высших гармоник – фильтрокомпенсирующие цепи (ФКЦ), постоянно подключенных к сети или коммутируемых выключателями, и включенные параллельно им в треугольник три фазы управляемых тиристорами реакторов – тиристорно-реакторная группа (ТРГ). Угол зажигания тиристорных ТРГ Быстрое регулируемое угла зажигания тиристорных ТРГ, позволяет отслеживать ток в реакторе ток нагрузки или реактивную мощность в энергосистеме.

Для реализации модели необходимо произвести расчет параметров сетевого трансформатора, печного трансформатора и фильтрокомпенсирующей цепи (далее ФКЦ).

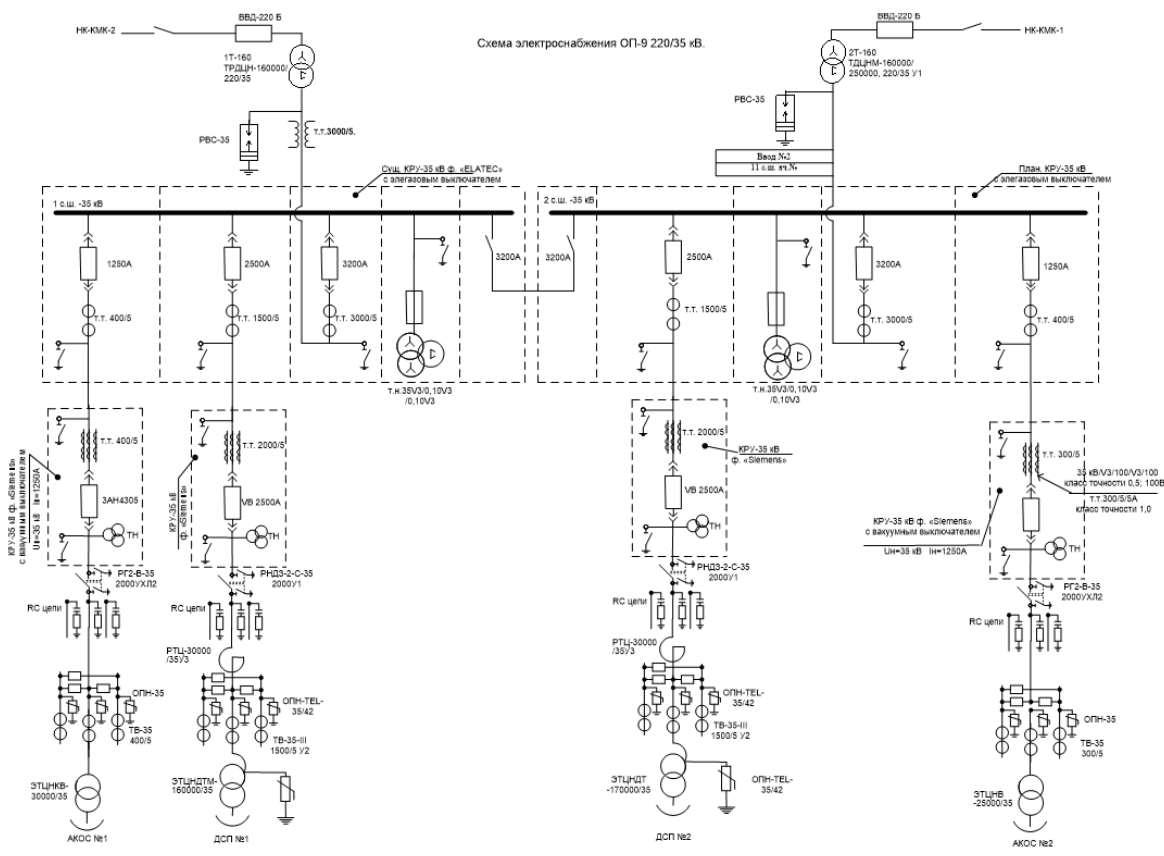


Рисунок 1 –Схема электроснабжения дуговых печей АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Дуговые электропечи питаются от шин 35 кВ опорной подстанции ОП-9 от двух силовых трансформаторов металлургического типа исполнения

ТДЦНМ 160000/250000/220 230/38.5 кВ. Силовые трансформаторы питаются отдельно. Основные технические характеристики трансформатора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики ТДЦНМ 160000/250000/220

Тип	ТДЦНМ 160000/250000/220
Мощность, кВА	160000
Номинальное напряжение, кВ ВН/НН	230/38.5
Потери, кВт XX/КЗ	140/525
Ток XX, %	0,6
Тип исполнения	Ун/Д-Д-11-11

Устранить вышеуказанные недостатки можно только путем быстродействующей пофазной компенсации реактивной мощности, т.е. применением статических тиристорных компенсаторов (СТК).

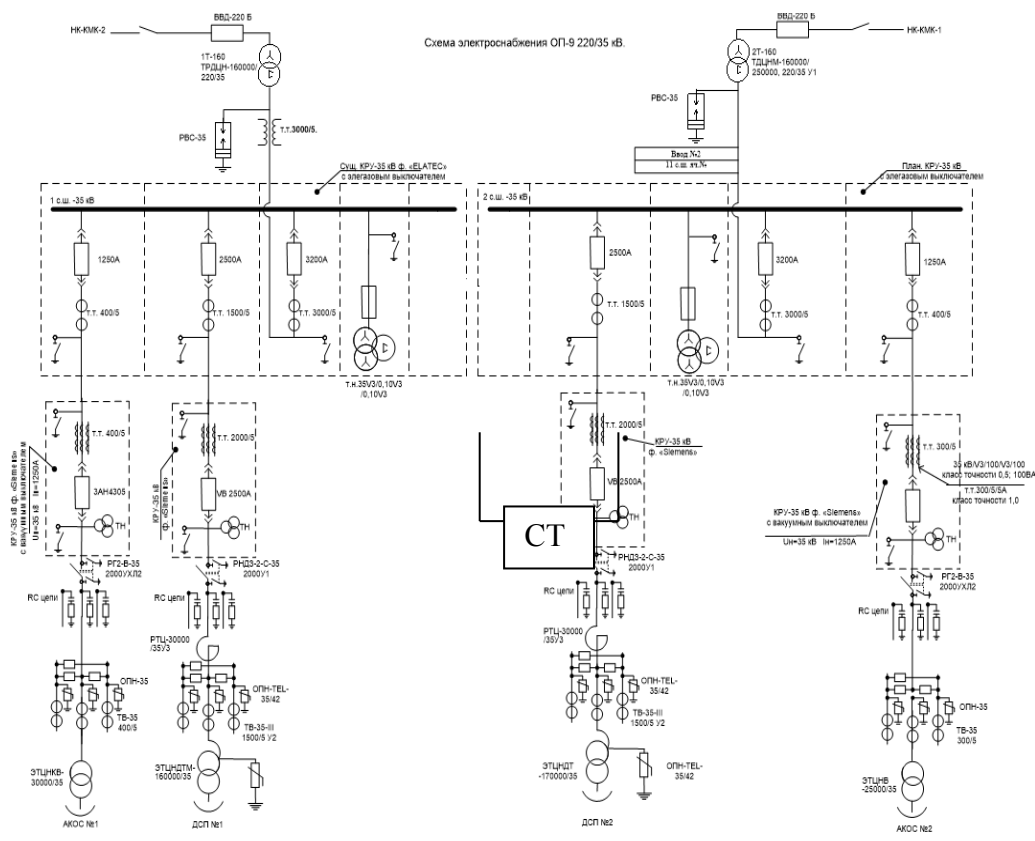


Рисунок 2 - Схема электроснабжения дуговых печей с применением СТК

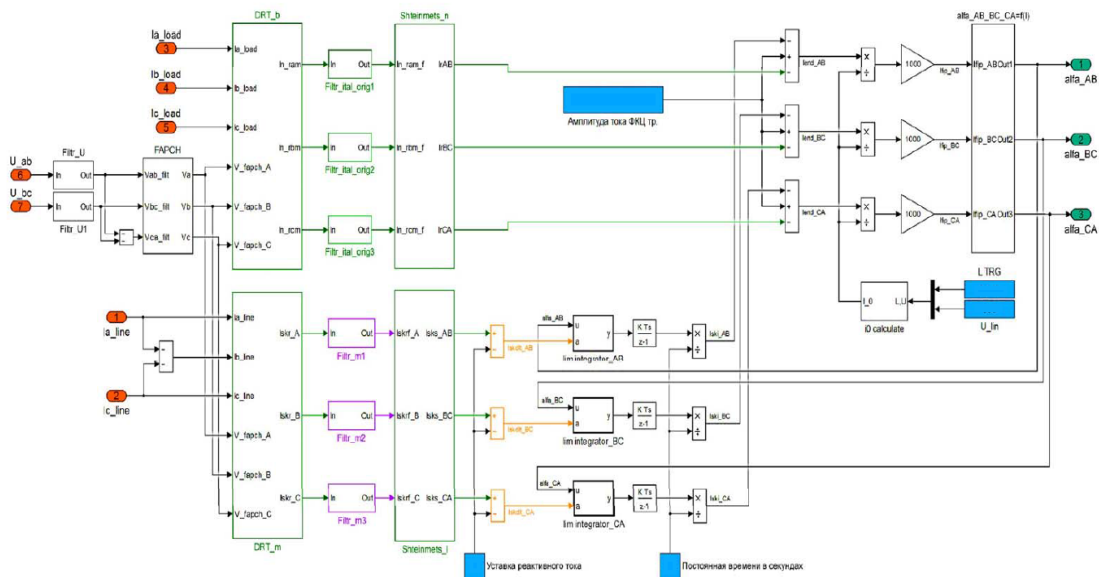


Рисунок 3 – Структурная схема СТК

Фазное напряжение первичной обмотки при соединении звезда:

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1\text{НОМ}}}{\sqrt{3}} = 132.79 \text{ кВ}$$

Номинальный фазный ток первичной обмотки трансформатора, соединенной по схеме «звезда»

$$I_{1\phi} = \frac{S_{\phi\text{НОМ}}}{U_{1\phi}} = 401 \text{ А}$$

Из опыта холостого хода активное и индуктивное сопротивление ветви намагничивания  $R_m = 325.47 \text{ кОм}$  и  $X_m = 56.15 \text{ кОм}$  соответственно.

Из опыта короткого замыкания активное и индуктивное сопротивление ветви намагничивания  $R_k = 0,9935 \text{ Ом}$  и  $X_k = 38.74 \text{ Ом}$  соответственно.

Расчет параметров электропечного трансформатора.

Электропечные трансформаторы ДСП имеют номинальную мощность 95 МВА. Основные технические характеристики трансформатора приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики ЭТЦНДТ 170000/35

Тип	ЭТЦНДТ 170000/35
Мощность, кВА	95000
Номинальное напряжение, кВ ВН/НН	35/0.9813
Потери, кВт XX/КЗ	50/529
Ток XX, %	0,3
Тип исполнения	Ун/Д-Д-11-11

**Расчет параметров электропечного трансформатора.**

Номинальная мощность каждой фазы трансформатора:

$$S_{\text{фном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{3} = 31.6 \text{ МВА}$$

Фазное напряжение первичной обмотки при соединении звезда:

$$U_{1\text{ф}} = \frac{U_{1\text{ном}}}{\sqrt{3}} = 20.21 \text{ кВ}$$

Номинальный фазный ток первичной обмотки трансформатора, соединенной по схеме «звезда»

$$I_{1\text{ф}} = \frac{S_{\text{фном}}}{U_{1\text{ф}}} = 1563 \text{ А}$$

Из опыта холостого хода активное и индуктивное сопротивление ветви намагничивания  $R_m = 253.98 \text{ кОм}$  и  $X_m = 43.816 \text{ кОм}$  соответственно.

Из опыта короткого замыкания активное и индуктивное сопротивление ветви намагничивания  $R_k = 0,0672 \text{ Ом}$  и  $X_k = 1.117 \text{ Ом}$  соответственно.

#### **Расчет параметров ФКЦ.**

Суммарная мощность всех фильтрокомпенсирующих цепей равна 110 МВар. Исходя из гармонической состава токов печи для модели выбираются ФКЦ 2-ой, 3-ей и 5-ой гармоник.

Если не учитывать точные соотношения токов печи разных гармоник, которые часто бывают неизвестны при разработке компенсатора, мощности могут быть распределены следующим образом.

$$Q_{2,3} = 30 \text{ Ом}$$

$$Q_4 = 50 \text{ Ом}$$

Емкости и индуктивность ФКЦ рассчитываются из мощности цепи, но с учетом мощности которую потребляет индуктивность данной цепи.

$$C_{\text{фкц}2} = \frac{Q_{\text{фкц}}}{U_{\text{ном}}^2 \cdot w_0} \cdot \left( 1 - \left( \frac{w_0}{w_{\text{фкц}}} \right)^2 \right) = 0,0000584 \text{ Ф}$$

$$C_{\text{фкц}3} = \frac{Q_{\text{фкц}}}{U_{\text{ном}}^2 \cdot w_0} \cdot \left( 1 - \left( \frac{w_0}{w_{\text{фкц}}} \right)^2 \right) = 0,0000694 \text{ Ф}$$

$$C_{\text{фкц}4} = \frac{Q_{\text{фкц}}}{U_{\text{ном}}^2 \cdot w_0} \cdot \left( 1 - \left( \frac{w_0}{w_{\text{фкц}}} \right)^2 \right) = 0,0001222 \text{ Ф}$$

$$L_{\text{фкц}} = \frac{1}{C_{\text{фкц}} \cdot w_{\text{фкц}}^2}$$

$$L_{\text{фкц}2} = \frac{1}{C_{\text{фкц}2} \cdot w_{\text{фкц}2}^2} = 0,0434 \text{ Гн}$$

$$L_{\text{фкцз}} = \frac{1}{C_{\text{фкцз}} \cdot \omega_{\text{фкц}}^2} = 0,0162 \text{ Гн}$$

Для резкопеременных нагрузок ЭСПЦ характерны изменение уровня питающего напряжения, несимметрия потребляемой мощности по фазам и броски мощности, в 1,5 – 2,5 раза превышающие номинальную мощность электропечных трансформаторов, что оказывает отрицательное воздействие на производственные показатели современных дуговых электропечей. Изменяются рабочие характеристики электропечей, нарушаются оптимальные режимы работы, искажаются уставки регуляторов электрического режима, увеличиваются продолжительность плавки и удельные расходы электроэнергии и электродов.

Для анализа влияния СТК на работу электрической сети ПС ОП-9 произведем просадку напряжения на 0.6 кВ.

U, В

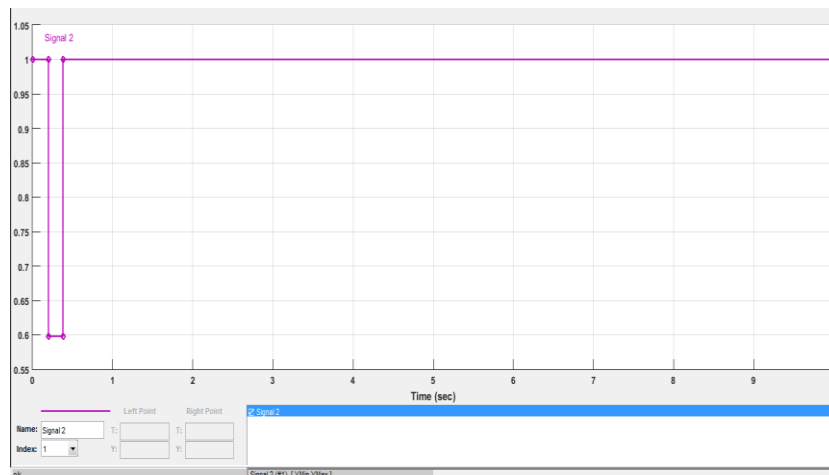
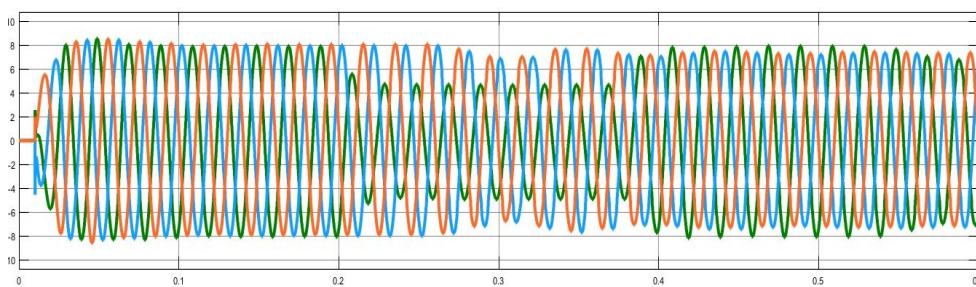


Рисунок 4 - Просадка напряжения на 0,6 кВ

U, В



I, А



t, с

Рисунок 5 - График режима работы схемы с просадкой напряжения на 0,6 кВ

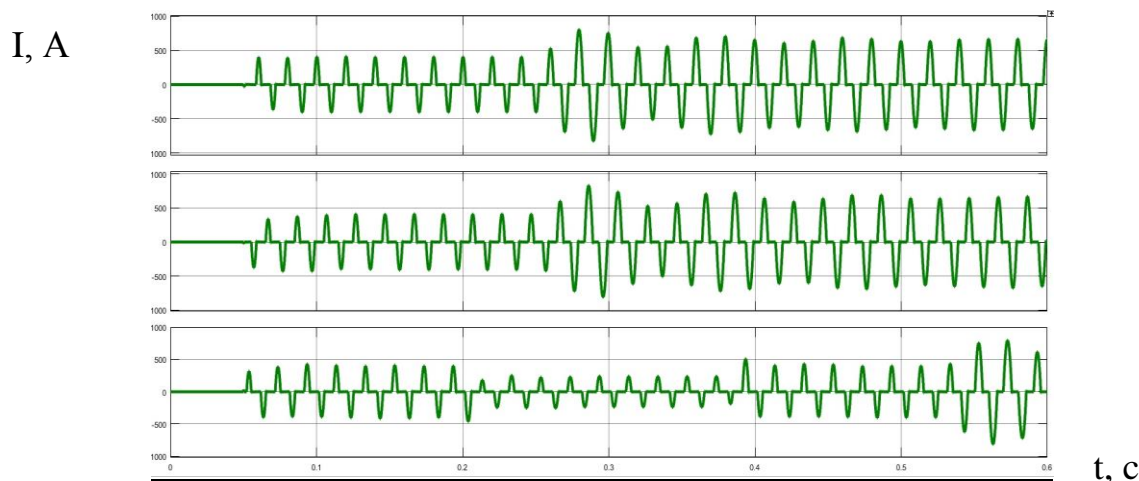


Рисунок 6 - График режима работы СТК с просадкой напряжения на 0,6 кВ (Схема разомкнута)

Из приведенных графиков следует, что применение СТК позволяет увеличить величину среднего напряжения на трансформаторе электропечи и значительно снижает фликер.

#### Библиографический список

1. Кузнецов В.А., Сигачев Н.А., Ермолаева Т.М. «Реконструкция и модернизация оборудования основных цехов производства железнодорожного проката ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»» -Труды 5-й всероссийской научно-практической конференции «Автоматизированный электропривод и промышленная электроника» Под редакцией В.Ю. Островляничка, 2012г.
2. Кузнецова Е.С., Кузнецов В.А., Катунин А.И., Родина Т.Н. О резервах экономии электроэнергии в электросталеплавильных цехах. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2001. № 6. С. 18-20.
3. Кулешов В.Е. Применение статических тиристорных компенсаторов для компенсации реактивной мощности. Изв. ТулГУ. Технические науки. 2011. Выпуск 6. Часть 1

УДК 62-83-52:681.52

## РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

**Маколкин И.С., Модзелевский Д.Е.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Dmitri010@rambler.ru*

Рассмотрена система управления ШПУ, с помощью диодного моста и IGBT ключа, установленных в цепь ротора АД. Приведены механические характеристики двигателя и функциональная схема системы регулирования.

Ключевые слова: режимы работы электропривода, роторная станция, ШИП.

Рассматриваемый объект – клетевая подъемная установка 2Ц-4х1,8 предназначена для подъема и спуска людей и горной массы. В качестве подъемного сосуда используется клеть 1-НОВ-400. Подъемная машина двухбарабанная, с одноступенчатым редуктором типа ЦО-18. Электропривод оснащен асинхронным электродвигателем с фазным ротором типа АКН2-18-36-20У4 мощностью 630 кВт при номинальной скорости 295 об/мин.

Скорость асинхронного двигателя с фазным ротором регулируется с помощью дополнительных активных сопротивлений, введенных в цепь ротора. Данный способ не позволяет регулировать скорость при разнопеременной нагрузке.

Поставлена задача плавно регулировать скорость подъемной установки, при изменяющихся моменте и нагрузке.

Для этого в цепь ротора устанавливается диодный мост и IGBT ключ, что позволит плавно регулировать скорость ШПУ и ток двигателя в автоматическом режиме, за счет изменения скважности включения IGBT.

Скважность управляющих импульсов, которые подаются на IGBT ключ, регулирует среднюю величину сопротивления в цепи ротора и, следовательно, ток ротора. На рисунке 1 представлено семейство механических характеристик двигателя, при различном значении относительной ширины импульса, от полностью открытого до полностью закрытого. Изменяя состояние ШИП, мы можем двигаться по необходимой нам характеристике. Пуск происходит плавно за счет плавного регулирования скважности импульсов под контролем тока ротора. Возможно построение системы регулирования скорости в многоконтурной системе управления.

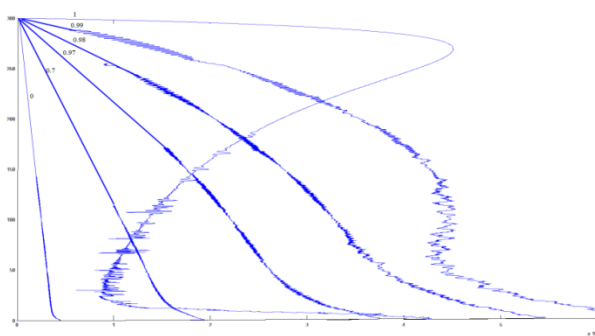


Рисунок 1 - Характеристики двигателя, при различном значении относительной ширины импульса.

Функциональная схема рассматриваемой системы представлена на рисунке 2. Система регулирования состоит из двух контуров: контура регулирования тока ротора, контура скорости. Ток ротора измеряется с помощью шунта устанавливаемого на выход диодного моста. Регулятор тока выбран ПИ типа. Из-за нелинейности параметров роторной цепи коэффициент к регулятору тока РТ выбран переменным и зависящем от скорости. Сигнал с регулятора тока модулируется в управляющие импульсы, подаваемые на IGBT

ключ. Скважность управляющих импульсов определяет среднюю величину сопротивления в цепи ротора и, следовательно, ток ротора.

Контур скорости содержит фотоимпульсный датчик для получения сигнала скорости и положения вала двигателя. Регулятор скорости РС выбран ПИ типа для обеспечения астатизма по управляющему воздействию.

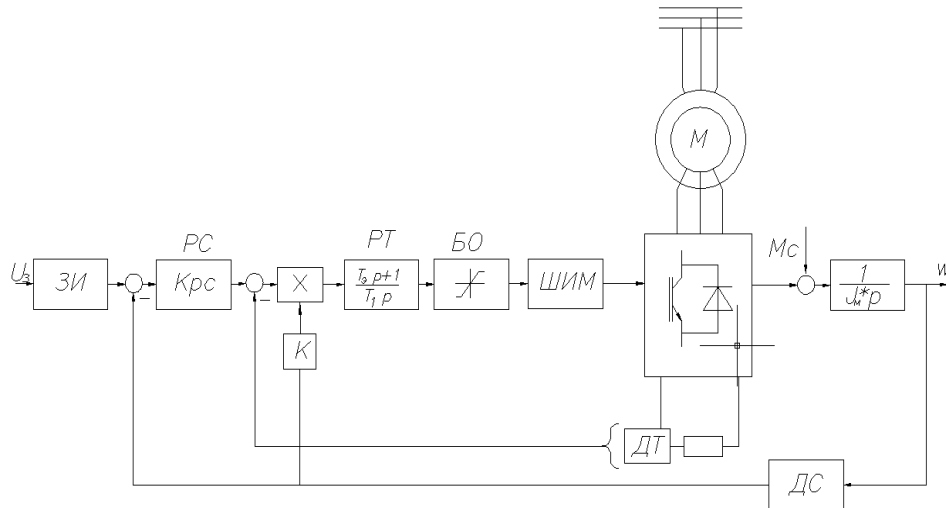
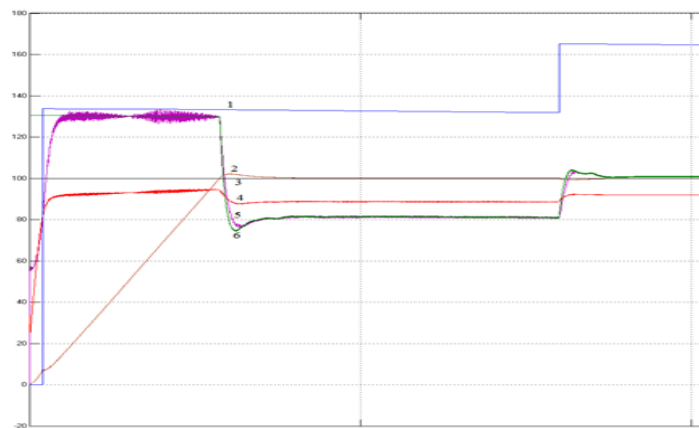


Рисунок 2 – Функциональная схема

На рисунке 3 представлен пуск подъемной установки с последующим набросом нагрузки. Разгон двигателя до заданной скорости занимает 3 секунды, в это время ток статора ограничивается 130А. Перерегулирование скорости составляет 0,8 %. После разгона двигатель вращается со скоростью 100об/мин, а ток статора удерживается на уровне 80А. В момент времени 8 секунд подается дополнительная нагрузка на двигатель скачком 20% от  $M_n$ , вследствие чего появляется незначительная просадка скорости. Ток статора скачком увеличивается до 100А.



- 1 – момент двигателя,  $\text{Н}\cdot\text{М}\cdot 150 \cdot 10^4$ ; 2 – скорость двигателя, об/мин;  
 3 – задание на скорость, об/мин; 4 – сигнал с ШИП \* 100;  
 5 – ток статора, А; 6 – задание на ток, А.

Рисунок 3 – Процесс пуска подъемной установки, наброс нагрузки



При моделировании данной системы, получены графики переходных процессов пуска подъемной установки в среде Matlab .

Выбранный принцип управления позволяет плавно регулировать скорость ШПУ, за счет изменения скважности включения IGBT, на протяжении всего цикла. Данный способ позволяет регулировать скорость при разноременной нагрузке в автоматическом режиме работы.

#### Библиографический список

1. Розанов Ю.К., Рябчицкий М.В., Кваснюк А.А. Силовая электроника: Учебник для вузов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009. - 632 с.: ил.
2. Белов М.П., Новиков А.Д., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для высших учебных заведений. - 3-е изд. - М.: Академия, 2007. - 576 с.
3. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления/Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребне, М.Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с. УДК 004.023

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЁМА ERP-ПРОЕКТА ПРЕДПРИЯТИЯ

**Мелкишев Р.В.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Зимин В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

В данной работе рассматривается задача оптимизации функционального объёма ERP-проекта предприятия. Сформулированная задача относится к классу задач нелинейного целочисленного квадратичного программирования. Для её решения можно использовать метод сетевого программирования. Однако процедура решения достаточно трудоёмка. Таким образом, актуальным является разработка прикладного программного обеспечения для решения задачи такого класса.

Ключевые слова: ERP-система, автоматизация, оптимизация, бизнес-процесс, метод сетевого программирования, объектно-ориентированное программирование

Использование новейших достижений в сфере информационных технологий являются одним из ключевых факторов поддержания конкурентоспособности и повышения эффективности бизнеса компаний различных масштабов по всему миру. Разнообразные IT-решения прочно вошли в жизнь предприятий, что позволило вывести их на новый уровень управления. Все операции, функции и процессы в организациях подвергаются тщательному

анализу, результатом которого является принятие управленческого решения об их автоматизации и оптимизации.

Традиционные информационные системы не всегда обладают возможностями, которые требуются компании, чтобы она успешно оставалась на рынке. Эффективность организации зависит от результата решения задачи интегрированного и сбалансированного управления всеми видами ресурсов. В качестве одного из инструментов решения такой задачи выступают системы класса ERP (Enterprise Resource Planning).

ERP-система – это интегрированная корпоративная информационная среда управления ресурсами предприятия. Она предназначена для контроля, учёта и анализа всех видов бизнес-процессов, а также решения бизнес-задач в масштабе организации. Важно отметить, что основная цель такой системы – не просто решение частных бизнес-задач предприятия (в отличие от традиционных ИС), а повышение эффективности её деятельности в целом. [1]

Внедрение ERP-системы на предприятие является очень ответственным и дорогостоящим мероприятием. Также реализация проекта такого уровня, как правило, занимает большое количество времени: в зависимости от конкретной компании, это могут быть месяцы или даже годы.

Создание ERP-системы включает в себя разработку IT-сервисов, реализующих основные операции бизнес-процессов предприятия. При этом, критически важной представляется первая очередь системы, потому что одноразовое внедрение всех сервисов для всех бизнес-процессов нецелесообразно (отсутствие достаточных ресурсов у компании, большие риски радикальной перестройки действующей системы управления).

Вследствие этого в функциональный объём 1-ой очереди проекта включаются IT-сервисы, обеспечивающие эффективное функционирование наиболее взаимосвязанных бизнес-процессов. Следует отметить, что созданию ERP-системы так же, как правило, предшествует многолетняя разработка и внедрение систем «лоскутной» автоматизации для отдельных бизнес-процессов и их подпроцессов. Эти действующие системы содержат различные IT-активы, которые могут быть эффективно применены в качестве компонентов для проектируемой системы.

Для постановки задачи введём несколько показателей: бюджет проекта, количество связей между IT-сервисами, составляющими функциональный объём проекта (его «интеграционное ядро») и количество унаследованных проектных решений из систем «лоскутной» компьютеризации. Первый из этих показателей принят в качестве критерия задачи, другие два – в качестве её ограничений.

Сформулированная задача относится к классу задач нелинейного целочисленного квадратичного программирования. Для её решения можно использовать метод сетевого программирования. Данный метод обобщает метод динамического программирования и даёт для общего случая достаточно универсальный алгоритм получения нижних (верхних) оценок задачи.

Метод сетевого программирования разработан для получения точных решений или верхних (нижних) оценок задач многоэкстремальной (в частном случае – дискретной) оптимизации. Метод декомпозирует сложную исходную задачу на обобщённую двойственную задачу сетевого программирования и совокупность существенно более простых подзадач. Метод сетевого программирования применяется для решения довольно обширного спектра задач управления проектами. [2]

Однако процедура решения задачи такого класса достаточно трудоёмка, поэтому в рамках написания научно-исследовательской работы на соискание степени магистра, Мелкишевым Р.В. была разработана компьютерная программа решения сформулированной задачи.

В качестве программной платформы, определяющей структуру программной системы, было выбрано решение корпорации Microsoft – Visual Studio. Функционала Visual Studio версии 2017 года достаточно для реализации такой программы. Интерфейс был разработан с помощью простых элементов в «конструкторе», затем написан код для всех вычислений, основываясь на данных «ручного» расчёта исходной задачи.

В программу автоматически забиты изначальные данные в качестве примера, чтобы пользователь не «терялся» при первом её запуске. Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

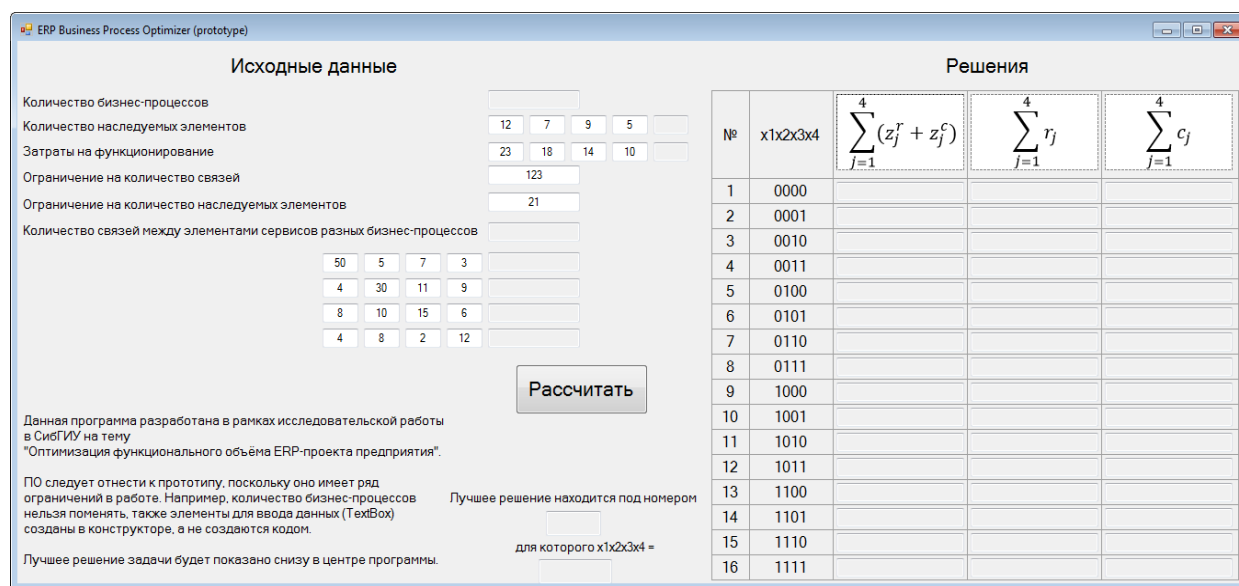


Рисунок 1 – Интерфейс ПО

ПО условно можно разделить на 3 визуальные части. Первая называется «Исходные данные» и собирает вводные данные, вторая имеет название «Решения» и рассчитывает результат. Третья находится в центре снизу и показывает лучшее решение.

Результатом решения является множество бизнес-процессов, которые, в конечном итоге, будут включены в разработку первой очереди ERP-системы предприятия.

Исходные данные имеют 2 вида вводимых параметров: изменяемые (это затраты, связи, элементы, ограничения), и неизменяемые (количество бизнес-процессов и расчёт общих сумм различных вводимых данных для вычислений).

Отдельно следует упомянуть о накладываемых ограничениях при расчётах. Программа выдаст ошибки в различных случаях при вводе данных и расчёте. В случае, если вводимое число в  $r^*$  (ограничение на количество связей) окажется больше  $r_{jp}$  (общее количество связей между элементами сервисов различных бизнес-процессов), программа не будет производить вычисления и выдаст ошибку, предупреждая об этом пользователя.

Также программа исключает ввод любых символов, кроме цифр и использования клавиш Backspace и Delete, во все возможные вводимые поля. Таким образом, вводить отрицательные значения не получится по умолчанию. Также программа не позволяет оставлять поле пустым при изменении данных. В случае наступления такого события, полю присваивается значение 0. Проведём расчёт исходных данных посредством нажатия левой кнопкой мыши на кнопку «Расчитать» и ознакомимся с результатами решения (рисунок 2).

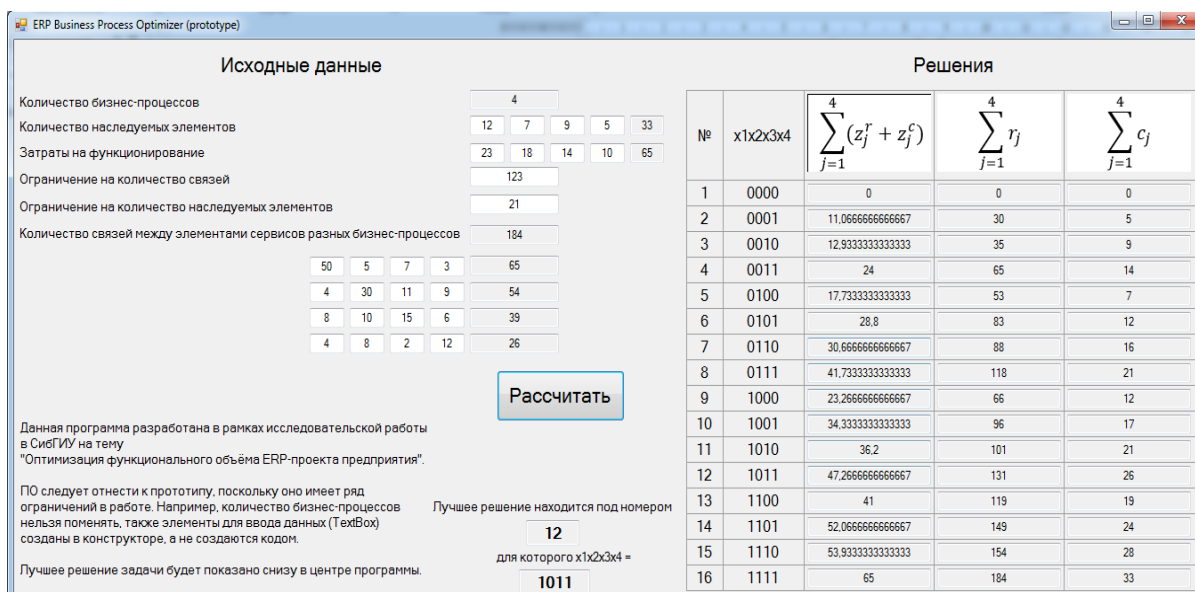


Рисунок 2 – ПО после расчёта

Разработанная компьютерная программа позволяет за считанные секунды перебирать различные варианты решений для бизнес-процессов предприятия при различных исходных данных. Ввод данных занимает небольшое количество времени, а автоматический расчёт снижает влияние человеческого фактора на результат.

Имеющаяся «база» программы позволяет вносить будущие доработки, впредь до автоматизации подсчётов необходимого количества элементов для решения задачи не на уровне процессов, а на уровне IT-сервисов. Также возможно реализовать показ промежуточных результатов решения и их даль-

нейшего экспорта. При необходимости можно разработать базу данных, например, на SQL, и связать её с приложением. Программа имеет 971 строчку кода и открыта для доработки.

Используя принципы объектно-ориентированного программирования и опираясь на разработанное приложение, можно создать эффективное и автоматизированное ПО, которое специалисты по внедрению ERP-систем будут использовать в ходе реализации проекта ERP в рамках задачи выбора разработки IT-сервисов для различных элементов бизнес-процессов.

#### Библиографический список

1. Новикова Г.М. Корпоративные информационные системы [Текст]: учебное пособие / Г.М. Новикова – М.: РУДН, 2008. – 94 с.: ил.
2. Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами [Текст]: Автореф. дисс. д.т.н./ И.В. Буркова – М.: 2012.– 181 с.

УДК621.314.21

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Романюк С.Ю., Кузьмин С.А.**

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Кузнецов В.А.,  
канд. техн. наук, доцент Кузнецова Е.С.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк*

Выполнен анализ существующих методов расчета энергозатрат с применением условно-постоянных и условно-переменных расходов на металлургическом предприятии. Предложен новый способ и устройство для совершенствования имеющейся системы учета электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия, энергосбережение, условно-переменные, условно-постоянные, расходы, методика, алгоритм.

Одной из задач для решения проблем в области энергосбережения является создание расчетно-инструментальной базы для фактического учета затрат каждого предприятия на производство продукции, в том числе и удельных затрат (на тонну произведенной продукции). В настоящее время в этом направлении произошел коренной перелом в лучшую сторону. Значительное количество крупных производственных предприятий оснащены отечественными либо импортными системами учета расхода электроэнергии с реализацией сервисных функций, позволяющих электротехническому персоналу решать такие задачи энергосбережения, как выбор необходимого тарифа для предпри-

ятия, контроль и оптимизация электропотребления в часы максимальной загрузки системы, прогнозирование потребления электроэнергии и др.

В настоящее время на ведущих предприятиях делаются попытки разделить затраты электроэнергии на т. н. условно-постоянные и условно-переменные.

Условно-переменные расходами принято называть расходы энергии, связанные с технологическими процессами, а условно-постоянными – расходы, не зависящие от изменения объема производства, например, расход энергии на освещение зданий и помещений, привод вентиляционных устройств, отопление, кондиционирование воздуха. Кроме того, постоянные расходы могут увеличиться (уменьшиться) в результате какого-либо управленческого решения (например, увеличить или уменьшить расходы на освещение цеха и т. п.).

Расход энергии по переменной части может определяться укрупненно на основе времени работы оборудования или по сводным нормам. Постоянная часть расхода энергии - на основе нормативов освещенности, отопления помещений и т.д.

Существуют 2 способа определения условно-постоянных и условно-переменных расходов.

1. Аналитический метод. Был распространен до 60-х годов. При использовании этого метода скрупулезно рассчитывали загрузки каждого агрегата с использованием номинальных значений электродвигателей, их ПВ, загрузок, характеристик механического оборудования. В итоге – величину загрузки по электроэнергии электрооборудования получают суммируя потребление электроприводов производственных подразделений. Недостатки данного метода: при воздействии возмущений, например, изменении напряжения сети, изменения температуры воздуха в разное время года, реальные величины электроэнергии не соответствуют нормируемым показателям.

2. Расчетно-статистический метод. Для реализации данного метода используются статистические данные расхода электроэнергии.

При значительном количестве точек расхода электроэнергии (за неделю, месяц, год) можно с помощью аппроксимировать зависимость, представленную эмпирическими данными.

Условно-постоянные расходы определяют при производстве  $Pr=0$ , т.е. в точке пересечения аппроксимирующей линии с осью ординат (рисунок 1).

Используем предложенный метод для расчета условно-постоянных затрат на участке прокатных станов рельсобалочного цеха с использованием статистических зависимостей потребляемой электроэнергии от объемов производства за месяц. На приведенном рисунке условно-постоянные расходы соответствуют точке пересечения аппроксимированной кривой оси ординат.

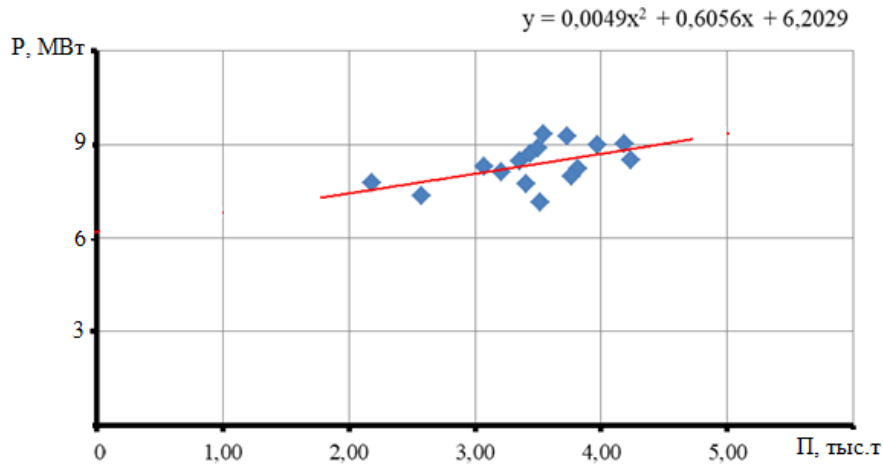


Рисунок 1 – График зависимости мощности от объемов производства с аппроксимирующей линией

Достоинства – использование уже созданного инструментария. Недостатки – низкая точность в зоне низкого объема производства, где данные вообще отсутствует или крайне редки.

Ниже предложен расчетно-статистический способ с опытным определением условно-постоянных расходов. Для расчета необходимо устройство на базе существующих систем учета (рисунок 2).

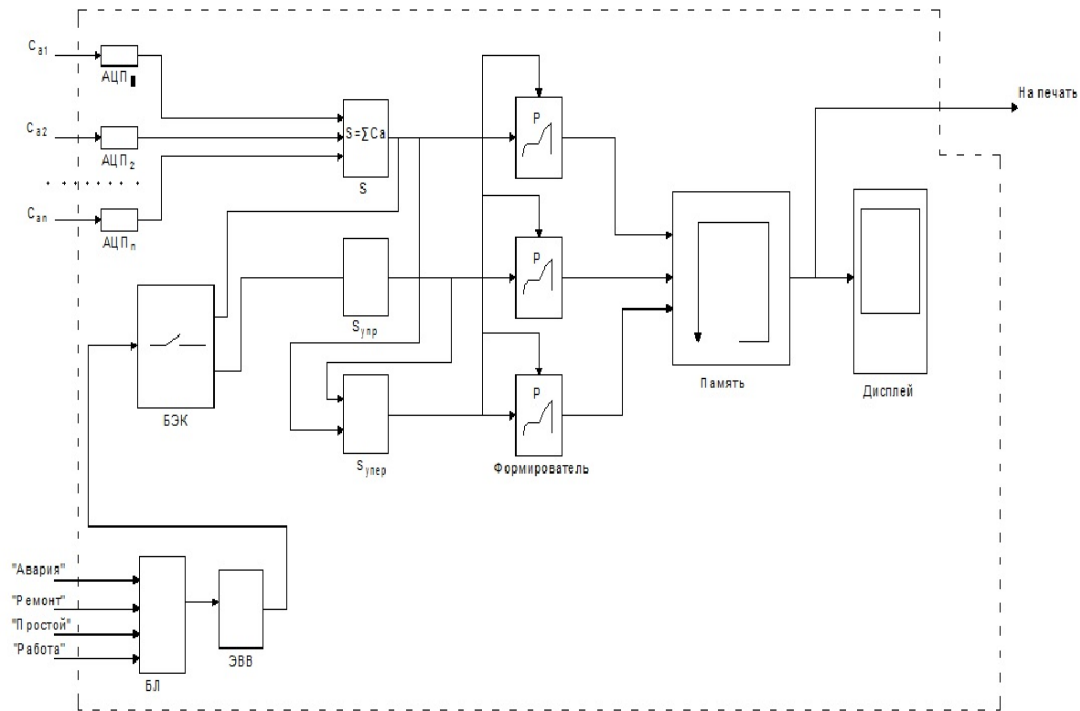


Рисунок 2 - Устройство для расчета затрат электроэнергии

В качестве датчика используется электронный трехфазный счетчик активной энергии  $C_a$  с памятью, информация с которого может сниматься либо постоянно, либо дискретно. Счетчик устанавливается в сети 6 (110) кВ на

вводном устройстве, осуществляющем электроснабжение производственного подразделения, на границе раздела электроснабжающей организации и цеха.

Принцип действия прибора заключается в следующем: сигнал, пропорциональный активной мощности с выхода счетчика  $S_a$  при необходимости оцифровывается в аналого-цифровом преобразователе АЦП и поступает в блоки обработки данных F (формирователь).

При наличии нескольких вводов (для повышения надежности электроснабжения структурного подразделения) на входы контроллера поступает несколько сигналов от счетчиков каждого из вводов. Сигналы счетчиков суммируются в цифровом сумматоре S.

В приборе реализовано цифровое логическое устройство БЛ, которое фиксирует режимы работы производственного подразделения:

- нормальная работа (НР) (присутствуют условно-переменные и условно-постоянные расходы);
- работа с низкой производительностью (НПР) (присутствуют условно-переменные и условно-постоянные расходы);
- простой производственного подразделения (Пр) (присутствуют только условно-постоянные расходы электроэнергии).

Логическое устройство БЛ определяет также моменты времени перехода с одного режима работы в другой. Информация фиксируется в режиме реального времени. Для снижения ошибок в определении режимов БЛ воздействует на электронные ключи блока электронных ключей БЭК, подключающие сумматор S к сумматору условно-постоянных расходов  $S_{упр}$  через устройство выдержки времени ЭВВ. Для определения условно-переменных расходов используется блок Супер. В формирователях происходит определение величин расходов за период времени, который задается пользователем (1 час, 1 смена, 1 сутки, 1 месяц и др.). Информация выводится на дисплей, либо на печать или внешний носитель.

Для определения времени изменения режимов, в устройстве реализуется алгоритм, определяющий тот или иной режим работы производственного подразделения.

Для примера приведем алгоритм режимов работы основной линии прокатного цеха, который состоит из нагревательной печи, трех станов, пилы горячей резки, устройства закалки. Для других участков цеха (отделка металла, узлы погрузки выгрузки и т.д.) должны быть составлены алгоритмы, учитывающие специфику данного подразделения, особенности его электроснабжения и т.д.

*Алгоритм режимов работы прокатного производства следующий:*

- 1) нормальная работа (НР): оборудование работает в штатном режиме:
  - простои не превышают нормируемого времени  $T_{прн}$  (например, 1-3 мин.) одновременно;



- общие простои за определенное, зафиксированное в алгоритме время (например, 10 мин, 1 час, 1 сутки и др.), не превышают 5% рабочего времени;

2) работа с низкой производительностью (НПР):

- единовременный простой превышает нормируемое время (1-3 мин);

- общие простои за определенное, зафиксированное в алгоритме время, превышают 5% рабочего времени;

- участок работает с низкой производительностью из-за недостатка металла, неисправности оборудования и т.д;

3) простои, возникшие в связи со следующими причинами:

- авария на одном из агрегатов, или нескольких агрегатах (например, из-за отключения электроэнергии).

- ремонт в цехе или на одном из агрегатов определяется по сигналу технологического контроллера «Ремонт», или сигналам отключения основного оборудования со стороны технологического (электротехнического) персонала при времени простоя более 30 мин (время согласовывается в «Алгоритме»).

- простой будет зафиксирован контроллером сигналом «Простой», если отсутствие прокатки превысит нормируемое время  $T_{прн}$ , зафиксированное в «Алгоритме».

*Обработка сигналов контроллером*

1. За расчетный период контроллер формирует информацию о режимах работы производства, с указанием типа режима (НР, НПР, Пр) с привязкой по времени.

2. По окончании периода производится:

- расчет общего расхода электроэнергии;

- расчет условно-постоянных расходов электроэнергии (в соответствии с вышеуказанным алгоритмом);

- расчет условно-переменных расходов.

3. Расчет общего расхода, а также условно-переменных и условно-постоянных расходов за определенный период времени (цикл), задаваемый пользователем (1 час, 1 смена, 1 сутки, 1 месяц).

*Заключение.*

1. С целью разделения зон ответственности между технологическим и электротехническим персоналом необходимо разделять расход электроэнергии на условно-постоянный и условно переменный расходы.

2. Существующие на настоящий момент методы расчета (аналитический и расчетно-статистический) имеют недостатки, не позволяющие в полной мере использовать их в бухгалтерском и техническом учетах расхода электроэнергии промышленными предприятиями.

3. Предложен новый способ определения условно-постоянных и условно-переменных расходов, основанный на расчетно-инструментальных методах, частично устраняющий вышеуказанные недостатки.

Библиографический список

1. Кудрин Б.И., Глейзер И.З., Кузнецова Е.С. Особенности установления норм электропотребления металлургических производств. Промышленная энергетика. 1999. № 11. С. 24-26.

2. Никифоров Г.В., Заславец Б.И. Энергосбережение на металлургических предприятиях: Монография. – Мангнитогорск: МГТУ, 2000. – 283 с.

3. Организация энергосбережения (энергомеджмент). Решения ЗСМК – НКМК- НТМК- ЕВРАЗ. Учебное пособие, под редакцией В.В. Кондратьева. – М.: ИНФРА-М. – 2011. – С.108.

4. Энергосбережение с использованием условно-переменных и условно-постоянных расходов электроэнергии. Сборник: Труды седьмой Всероссийской научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островляника. – Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2016 г. С. 95-99.

5. Статистическая зависимость электропотребления от характера металлургического производства (тезисы). Электрификация горных и металлургических предприятий Сибири: тез. док. Межд. научн.практ. конф.18-21 ноября 1997 / под ред. Е.В. Пугачева, И.З. Глейзера. – Новокузнецк: Изд-во СибГМА, 1997.

6. Об электроэнергетике [электронный ресурс] : федер.закон от 26 марта 2003 г. № 35 (ред. от 29.12.2017) // Справочно-правовая система КонсультантПлюс. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/) (дата обращения 16.05.2017).

УДК 62-83-52:681.52

## **ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ (САЗ ПУ)**

**Модзелевский Д.Е., Маршев Д.А.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Островляничик В.Ю.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Dima010@mail.ru*

Рассмотрена система автоматического замедления шахтной подъемной установки предназначена для автоматического замедления подъемной установки в режиме динамического торможения и обеспечение точной остановки на заданном горизонте.

Ключевые слова: электропривод, динамическое торможение, регулятор, система управления, шахтная подъемная установка.

По состоянию на 2018 год большинство машин подъемов оснащены подъемными машинами с приводом от двигателей с фазным ротором и включенной в его цепи роторной станцией. Использование данных электроприводов обусловлено их относительной простотой и хорошей перегрузоч-

ной способностью. Такой способ регулирования не позволяет плавно регулировать скорость машины и требует механического тормозного устройства для обеспечения движения на малых скоростях, а также при циклически изменяющейся переменной нагрузке. Обеспечение регулирования тока в режиме динамического торможения с контролем скорости и темпа замедления позволяет обеспечить заданный темп замедления и плавность подхода к точке точного останова.

Система автоматического замедления шахтной подъёмной установки предназначена для автоматического замедления подъёмной установки и обеспечения точной остановки на заданном горизонте.

Переключение ступеней в режиме динамического торможения при постоянном токе возбуждения создает скачкообразное изменение момента. Применение управляемого преобразователя тока позволяет значительно уменьшить рывки при переходе с одного семейства характеристик на другое.

Для определения задания динамического тока необходимо определить функциональные свойства двигателя в режиме динамического торможения. В [1] режим динамического торможения представляется следующими математическими зависимостями (1) – (3).

$$\left(\frac{R'_2}{s_a}\right)^2 = \frac{(x_{\mu H} + x'_{2H})^2 - (I_{\text{ЭКВ}}/I_{\mu})^2 x'_{2H}}{(I_{\text{ЭКВ}}/I_{\mu})^2 - 1}, \quad (1)$$

$$I'_2 = \frac{I_{\text{ЭКВ}} x_{\mu H}}{\sqrt{(x_{\mu H} + x'_{2H})^2 + \left(\frac{R'_2}{s_a}\right)^2}}, \quad (2)$$

$$M = \frac{3I'^2_2}{\omega_{\text{НОМ}}} \left(\frac{R'_2}{s_a}\right), \quad (3)$$

где  $I_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентный ток динамического торможения,

$I'_2$  – ток ротора, приведенный к цепи статора,

$I_{\mu}$  – ток намагничивания,

$M$  – Момент двигателя,

$\omega_{\text{НОМ}}$  – скорость идеального холостого хода,

$R'_2$  – приведенное сопротивление ротора,

$s_a$  – скольжение,

$x_{\mu H}$  – номинальная индуктивность цепи намагничивания,

$x'_{2H}$  – номинальная приведенная индуктивность ротора.

Учитывая возможность регулирования тока динамического торможения и тока ротора, на основании представленных зависимостей асинхронный двигатель можно представить следующей структурной схемой (рисунок 1).

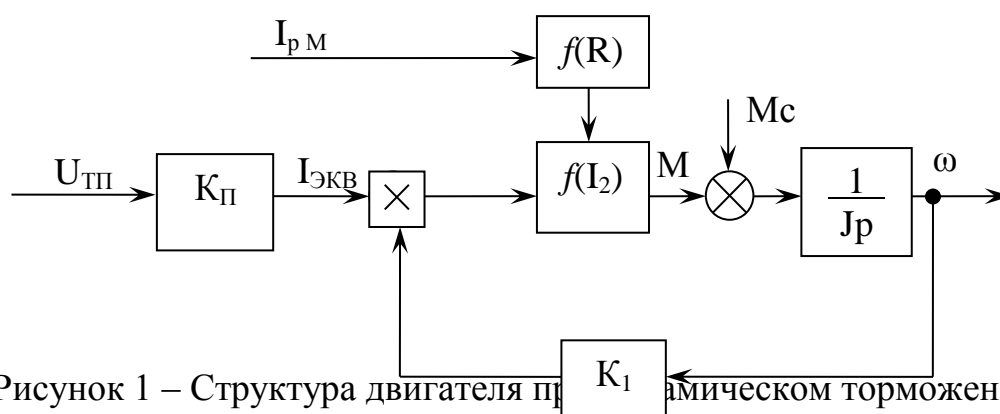


Рисунок 1 – Структура двигателя при динамическом торможении

Момент двигателя реализуется как производная функциональной зависимости  $f(I_2)$  и эквивалентной скорости и формируется от  $I_{ЭКВ}$  и  $I_{рм}$ . Из структуры видно, что эквивалентный ток  $I_{ЭКВ}$  в динамическом торможении от преобразователя  $K_P$  реализуется операцией умножения со скоростью  $\omega$  через коэффициент  $K_1$  и преобразуется в момент  $M$  двигателя. Ток динамического торможения позволяет изменять жёсткость механической характеристики, реализуемой функциональной зависимостью  $f(R)$ .

На рисунке 2 представлена структурная схема системы автоматического замедления шахтной подъёмной установки. Обмотка статора в режиме динамического торможения получает питание от управляемого вентиляционного преобразователя (УПВ) [2]. Регулятор тока статора (РТС) формирует заданный ток динамического торможения с учетом текущей скорости двигателя. Регулятор тока ротора (РТР) осуществляет управление роторной станцией (РС), обеспечивая переход с одного семейства характеристики на другую.

Структура системы автоматического регулирования скорости с контролем положения подъемного сосуда состоит из трех контуров. Внутренним контуром является контур тока динамического торможения, подаваемого в статор. Средним контуром является контур динамического момента. Внешним контуром является контур скорости, который выдает задание на контур тока и осуществляет выбор ступени в роторной станции, тем самым осуществляя переход на выбранное семейство характеристик.

Управление каналами регулирования  $U_{змс}$  и  $U_{зтр}$  осуществляется от регулятора динамического момента (РДМ), который получает сигналы от датчика динамического момента (ДДМ) и регулятора начала замедления (РНЗ) и формирует сигналы задания на ток статора и ток ротора.

Коэффициент усиления регуляторов зависит от номера ступени, обеспечивая удовлетворительное качество регулирования при работе на любых ступенях. Выбор ступени определяется как требуемым усилием, так и величиной скорости, обеспечивая работу АД в зоне не превосходящий величины критического момента и недопустимых перегрузок по току.

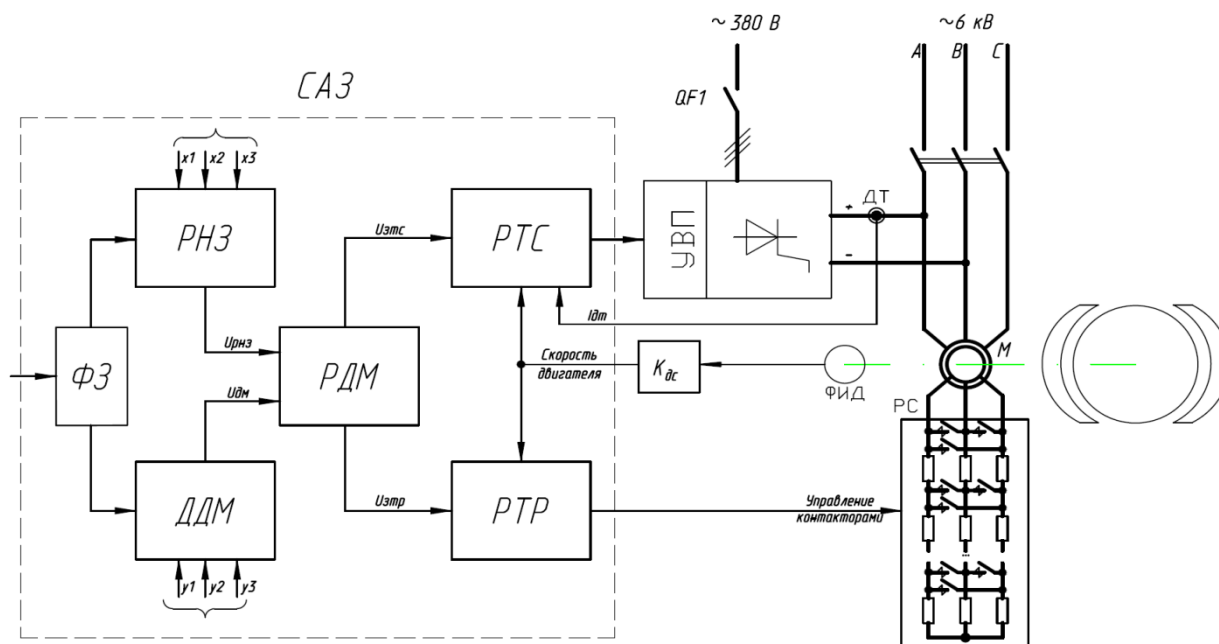


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматического замедления шахтной подъёмной установки

Выдачу и корректировку задания скорости осуществляет программируемый аппарат задания и контроля (ПАЗК), который на структурной схеме обозначен как формирователь задания (ФЗ). Формирование сигнала на начало замедления производится в функции скорости. В течении замедления ПАЗК оценивает расхождение текущего значения скорости и заданного рабочей диаграммой для измеренного участка пути и вносит корректировку в задающее воздействие. Этот модуль определяет текущее положение подъемного сосуда и вычисляет требуемый путь, который должен пройти подъемный сосуд при поддержании заданного замедления.

На рисунке 3 представлена техническая структура системы управления током динамического торможения и скоростью шахтной подъемной установки в режиме замедления (система автоматического замедления САЗ). Система состоит из силовой и управляющей части.

Силовая часть включает асинхронный двигатель (АД), питающийся в режиме динамического от тиристорного преобразователя. Скорость АД контролируется фотоимпульсным датчиком.

Система управления выполнена на контроллере Fastwel. В систему заводятся дискретные и аналоговые сигналы состояния подъемной установки, двигателя и преобразователя с гальванической развязкой. Управление преобразователем производится управляющими импульсами через драйвер DR1. Кроме импульсов система управления формирует дискретные управляющие сигналы управления роторной станцией и вспомогательными устройствами.

Модульное устройство позволяет реализовать систему различной сложности. В отличие от существующих аналогов содержит модуль определения текущего положения подъемного сосуда и модуль вычисления требуемого пу-

ти замедления. При этом автоматически обеспечивается точность подхода в соответствии с требованиями Правил безопасности для угольных шахт.

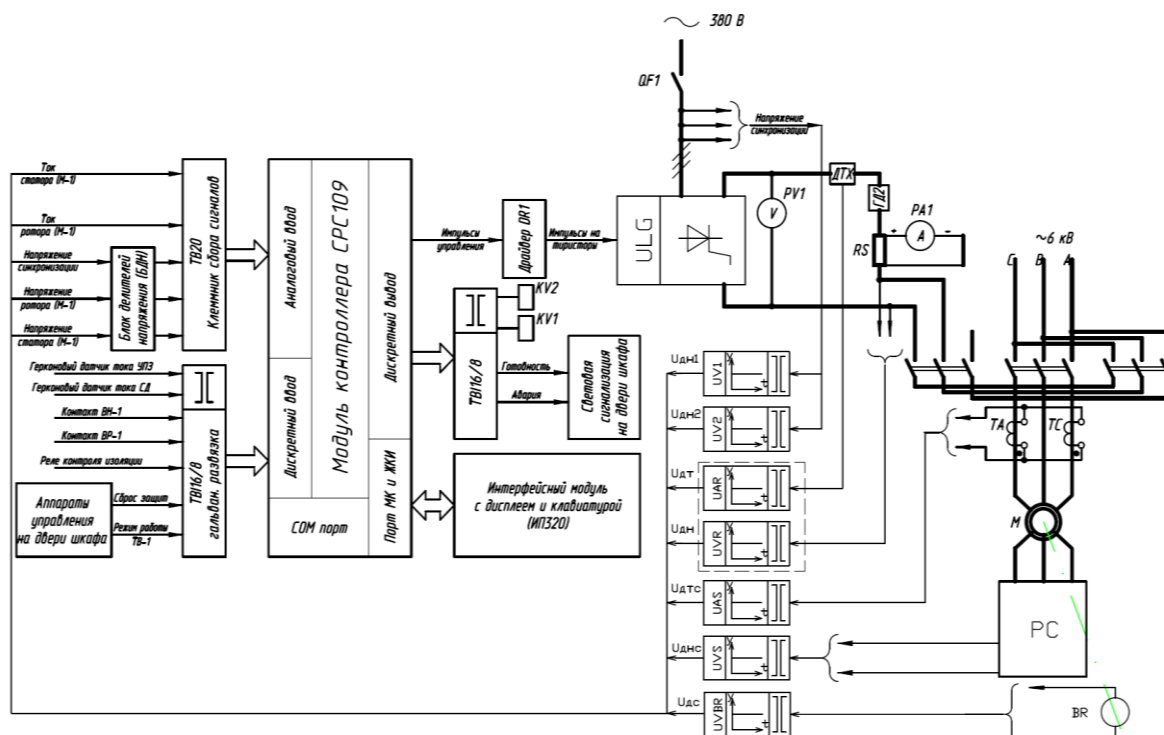


Рисунок 3 – Техническая структура системы автоматического замедления шахтной подъемной установки

Система автоматического замедления шахтной подъемной установки обеспечивает автоматическое определение времени и точки начала замедления. При этом обеспечивается значительно снижение динамических перегрузок и повышается комфорт (при транспортировке людей). Устройство управления не только обеспечивает заданные режимы, но и контролирует отклонение параметров от нормальных, что позволяет предотвращать развитие аварийных ситуаций.

Устройство может быть применено на любой подъемной установке, что имеет большое значение, так как полная модернизация требует значительных затрат. Применение данного устройства значительно повышает безопасность и надежность подъемной установки.

#### Библиографический список

1. Ключев. В.И. Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001 г. 560 с.
2. Островлянчик В. Ю., Поползин И. Ю. Исследование механических характеристик электропривода переменного тока на основе машины двойного питания в асинхронном режиме / В. Ю. Островлянчик, И. Ю. Поползин // АЭПиПЭ : труды седьмой Всероссийской научно-практической конференции, 23–24 ноября 2016 г. – Новокузнецк : СибГИУ : Изд. центр СибГИУ, 2016. – С. 55-66

## **РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА ЭОР "СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ С#"**

**Неверов К.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ермакова Л.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kirill\_neverov@mail.ru*

В статье рассмотрены аспекты разработки электронного образовательного ресурса (ЭОР) на примере учебного материала по eXpressApp Framework. Описывается актуальность разработки и применения ЭОР в учебном процессе, приводится выбор средств реализации, использованных при разработке, а также результат создания электронного образовательного ресурса.

Ключевые слова: электронное обучение, электронный образовательный ресурс (ЭОР), тестирование, web-разработка, jQuery, eXpressApp Framework.

Электронный образовательный ресурс (ЭОР) – совокупность средств информационного, программного, технического и организационного обеспечения, в которой отражается некоторая предметная область, реализуется технология ее изучения для различных видов учебной деятельности, представленная в электронном виде.

ЭОР является неотъемлемой частью электронного обучения, которое стало обязательной частью образовательного процесса согласно новому федеральному закону об образовании. В связи с этим, задача разработки и применения ЭОР в учебном процессе является актуальной.

В связи с большим разнообразием видов ЭОР в настоящее время не только не существует универсальной технологии их разработки, но и отсутствуют соответствующие стандарты [1].

Для создания ЭОР использовался текстовый редактор notepad++ и браузер Mozilla Firefox для отладки и тестирования. Для создания страниц с содержимым ЭОР использовался визуальный редактор skeditor.

Для подготовки учебного материала ЭОР были использованы источники [2,3], в них же можно подробнее ознакомиться с eXpressApp Framework.

ЭОР состоит из набора гипертекстовых файлов формата HTML, для оформления внешнего вида которых использовался язык каскадных таблиц стилей CSS.

При разработке ЭОР был использован язык JavaScript и различные плагины jQuery для осуществления навигации, обработки различных событий, автоматической разметки глоссария, отображения учебника в полноэкранном режиме, внедрения системы тестирования в ЭОР и т.д.

Среди использованных библиотек и плагинов jQuery следует отметить:

– jQuery UI – библиотека для создания насыщенного пользовательского интерфейса, была использована для отображения всплывающих окон с подсказками и субкадрами;

– glossarizer – плагин автоматической разметки глоссария на страницах с учебным материалом;

– jquery.enhsplitter – позволяет изменять размер блоков на странице с помощью полосы разделителя;

– jQuizler – плагин применяется для создания системы тестирования;

– jquery.fullscreen – применяется для отображения содержимого учебника в полноэкранном режиме.

Поскольку ЭОР выполнен в виде локального web-сайта, для работы не требуется интернет соединение. При этом ЭОР может быть открыт на устройстве с практически любой операционной системой поддерживающей графический интерфейс. Главным требованием является использование современных браузеров, с поддержкой JavaScripts, CSS и jQuery. Кроме того, браузер должен уметь корректно работать с локальными фреймами. Поэтому, для корректной работы следует использовать браузер Mozilla Firefox или Microsoft Edge.

ЭОР имеет фреймовую структуру, главным файлом является index.html, в нём содержатся фрейм с меню навигации и фрейм с содержимым, где отображается учебный материал.

Кроме того, в интерфейсе главного файла присутствует блок, где представлено название ЭОР, кнопки навигации вперед-назад, а также кнопка открытия полноэкранного режима.

Модуль glossarizer используется для автоматической разметки терминов и списка литературы из файла глоссария, который содержит массив вида:

```
var glossary = [  
  {  
    "term" : "термин 1",  
    "description" : "описание термина 1"  
  },  
  {  
    "term" : "термин 2",  
    "description" : "описание термина 2"  
  }  
]
```

Модуль требовал небольшой доработки, заключавшейся в изменении способа разметки найденных на странице терминов. По умолчанию термины выводились во всплывающей подсказке (tooltip). После доработки, вывод терминов осуществляется во всплывающих окнах при нажатии на термин. Разметка терминов и их определений осуществляется следующим образом:



```

<abbr class="glossarizer_replaced"
onclick="Open(this,'#_window_id')">Термин</abbr>
<div id="_window_id" class="popup" title="Термин">
  <p>Определение термина</p>
</div>

```

Как можно заметить, термин обрамляется в атрибут `abbr` с классом `glossarizer_replaced` и действием `onclick`, затем, сразу за атрибутом `abbr` следует `div` блок с описанием термина. Класс `glossarizer_replaced` задает внешнее оформление для всех терминов (пунктирное подчеркивание снизу). Событие `onclick` вызывает функцию `Open`, которая открывает всплывающее окно с классом `popup`.

Для вывода глоссария на отдельную страницу используется скрипт, считывающий файл глоссария и, если глоссарий содержит термины, то через цикл осуществляется вывод каждого термина, который не начинается со знака "[". Вывод списка литературы происходит аналогичным образом, но здесь, наоборот, осуществляется вывод терминов, начинающихся с символа "[". Таким образом, используя модуль `glossarizer`, отпадает необходимость ручной вставки ссылок на термины глоссария и источники литературы в страницы с содержимым ЭОР.

На рисунке 1 представлено окно ЭОР с учебным материалом, где можно увидеть результат автоматической разметки глоссария и внешний вид всплывающих окон.

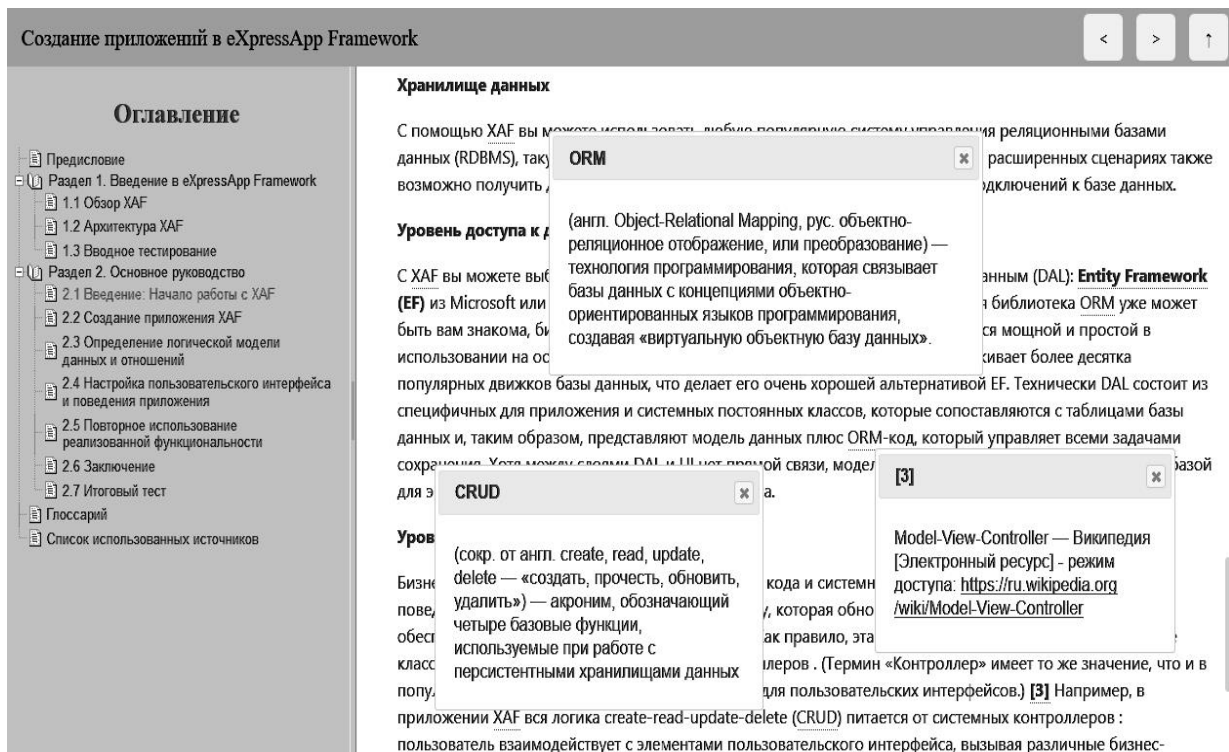


Рисунок 1 – Окно ЭОР с учебным материалом

Модуль jQuizler используется для создания системы тестирования. По умолчанию в этом модуле отсутствовала возможность выбора нескольких ответов на вопрос, отсутствовало перемешивание списка вопросов, а при окончании теста не выводилась оценка. После доработки, в модуле были устранены указанные недочеты, в тесте стал отображаться не весь список вопросов, а ограниченное число (5 для входного и 10 для итогового). Кроме того, содержимое со списком вопросов и ответов было вынесено в отдельный файл.

На рисунке 2 представлено окно ЭОР с модулем тестирования. На странице тестирования отображается номер текущего вопроса и общее количество вопросов. Для наглядности эта же информация представлена в виде прогресс бара. Внизу страницы располагаются кнопки перехода к следующему и предыдущему вопросу. В конце теста отображается процент правильных ответов, оценка и правильность ответа на каждый вопрос. Также можно просмотреть детально каждый вопрос и увидеть ошибки.

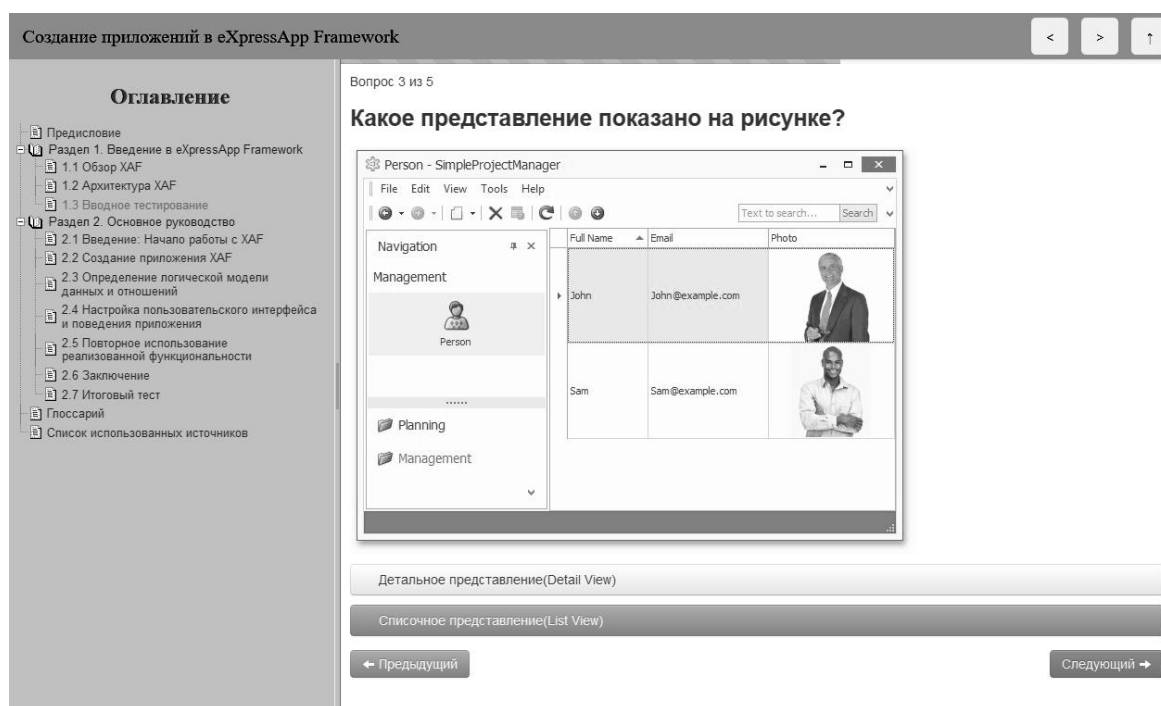


Рисунок 2 – Окно ЭОР с модулем тестирования

В результате разработки был создан ЭОР, который может использоваться в учебном процессе, поскольку информация в нём представлена в структурированном виде, присутствует глоссарий, список источников литературы и система тестирования для оценки знаний. При этом выполняется автоматическая разметка глоссария, а вывод во всплывающих окнах определений терминов осуществляется при нажатии на термины глоссария на страницах. Таким образом, разработанный ЭОР позволяет упростить процесс обучения и закрепления полученных знаний.

## Библиографический список

1. Демкин В.П. Принципы и технологии создания электронных учебников / В.П. Демкин, В.М. Вымятнин. – Томск, 2002.
2. eXpressApp Framework [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://documentation.devexpress.com/eXpressAppFramework/112670/eXpressApp-Framework> (дата обращения: 10.06.2018).
3. Как создать приложение, используя eXpressApp Framework [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://habr.com/company/devexpress/blog/140325/> (дата обращения: 10.06.2018).

УДК 378:004

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ СВЕДЕНИЙ К СОСТАВЛЕНИЮ РАСПИСАНИЯ

Шлянин С.А.

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ермакова Л.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: sergei.shlyanin@gmail.com*

В данной работе рассматривается проектирование базы данных системы автоматического формирования сведений к составлению расписания, сформулированы функциональные требования к системе, выделены сущности, определены параметры сущностей и связи между ними, рассмотрены вопросы проектирования и оптимизации базы данных.

Ключевые слова: информационная система, автоматизация, расписание, база данных, нормальные формы.

Одним из важных этапов организации учебного процесса любого высшего учебного заведения является процесс сбора сведений к составлению расписания. Этот процесс предшествует этапу составления расписания и заключается в сборе информации обо всех дисциплинах, преподаваемых каждой кафедрой в планируемом периоде, формировании потоков академических групп и назначении преподавателей согласно распределённой нагрузке.

Для получения этой информации необходимо проанализировать учебные планы всех групп, обучающихся в планируемом семестре, и выбрать изучаемые в данном семестре дисциплины с выделенными на каждый вид занятий часами и закреплёнными за дисциплинами кафедрами. В настоящий момент данный процесс производится учёными секретарями кафедр вручную. Этот процесс сопряжен с большими затратами сил и времени, а также с высокой вероятностью человеческой ошибки. Помимо этого существует

проблема отслеживания изменений при повторной подаче заполненных сведений, поскольку они подаются в бумажном виде, и процесс их исправлений не нормализован. Всё это делает актуальным задачу разработки информационной системы для автоматического сбора сведений к составлению расписания.

К системе были предъявлены следующие функциональные требования:

- автоматические получать данные об академических группах из информационной системы Деканат, входящей в состав электронной информационно-образовательной среды СибГИУ;
- извлекать из системы Деканат данные об учебных планах и выбирать дисциплины, относящиеся к планируемому семестру;
- предоставлять сотрудникам учебного отдела рекомендации по объединению академических групп в потоки для различных видов занятий;
- предоставлять учёным секретарям информацию о реализуемых кафедрами в планируемом семестре дисциплинах и преподавательском составе кафедр для упрощения назначения преподавателей;
- фиксировать изменения в назначениях преподавателей и требованиях к месту и времени проведения занятий по дисциплине.

Одним из самых важных этапов создания любой информационной системы, влияющим впоследствии на весь процесс разработки, является этап выделения сущностей и проектирования базы данных. На основании функциональных требований к системе были выделены следующие сущности:

- пользователь;
- преподаватель;
- подразделение;
- планируемый период;
- дисциплина;
- таблица сведений к составлению расписания;
- академическая группа;
- учебная нагрузка;
- поток;
- версия потока.

К сущности «пользователь» относятся люди, работающие в системе: учёные секретари, сотрудники учебного отдела и администраторы системы. Сущность описывает имя пользователя, его логин и пароль для входа в систему, а также уровень прав доступа в системе (учёный секретарь, сотрудник учебного отдела и администратор). Сущность «преподаватель» отражает преподавательский состав кафедр.

Сущность «подразделение» была названа так потому, что отдельные дисциплины в учебном плане могут быть закреплены не только за конкретной кафедрой, но и за институтом. Поэтому данная сущность хранит информации об имени подразделения и о родительском подразделении.

«Планируемый период» – это семестр, для которого формируются сведения к составлению расписания. Сущность хранит информацию об учебном годе, планируемом семестре (весна/осень), а также о времени последней синхронизации с базой данных системы «Деканат». Процесс синхронизации заключается в загрузке или обновлении информации о количестве обучающихся в академических группах, а также в извлечении данных из учебных планов.

Сущность «дисциплина» содержит только информацию о своем названии. Это таблица-словарь, используемая для экономии места в базе данных. Запись в базе для каждой дисциплины сохраняется только один раз и используется впоследствии для всех планируемых периодов.

Сущность «Таблица сведений к составлению расписания», несмотря на название, информации о дисциплинах или преподавателях не хранит. Она служит для обозначения этапа формирования сведений конкретной кафедры на определённый планируемый период.

Сущность «Академическая группа» содержит данные о названии и численности группы в конкретном планируемом периоде. Для каждой академической группы создаются отдельные записи в таблице базы данных на каждый планируемый период. Это позволяет отслеживать, когда группы заканчивают своё обучение или разделяются на профили и не загружать учебные планы для прекративших своё существование групп.

«Учебная нагрузка» – одна из двух сущностей, с которыми чаще всего взаимодействуют пользователи системы. Учебная нагрузка берется из учебных планов и представляет собой количество часов контактной работы в определённом семестре по определённому виду занятий (лекций, практик или лабораторных работ) для академической группы.

«Поток» – это сущность, отражающая объединение учебной нагрузки различных групп по одной дисциплине и одному виду занятий для одновременного проведения занятий. Именно за потоком учёный секретарь закрепляет преподавателей и указывает требования к месту и времени проведения занятий.

Последняя используемая сущность – это «Версия потока», также содержащая данные о закреплённых за потоком преподавателях и требованиях к месту проведения занятий. К этой информации добавляется время, когда были изменены данные и изменивший их учёный секретарь. Версии потоков создаются при изменении преподавателей или требований только для таблиц сведений, который учёный секретарь отметил как заполненные. Именно эта сущность позволяет отслеживать изменения после подачи первой версии «Таблицы сведений к составлению расписания».

На рисунке 1 представлена ER-диаграмма базы данных.

Как можно увидеть на рисунке, в структуре базы данных предполагается избыточное дублирование информации: часть полей дублируется в

сущностях «Учебная нагрузка» и «Поток», а также в сущностях «Поток» и «Версия потока».

В сущностях «Учебная нагрузка» и «Поток» дублируется информация о дисциплине, группе, видах занятия, часах и планируемом периоде. При выгрузке информации из учебных планов данная информация сохраняется в полях сущности «Учебная нагрузка». При этом экземпляры сущности «Учебная нагрузка» не могут существовать отдельно от сущности «Поток». При первой выгрузке данных из учебных планов для каждой «Учебной нагрузки» создаётся «Поток». После этого сотрудники учебного отдела объединяют друг с другом «Потоки», при этом объединить можно только потоки, содержащие «Учебные нагрузки» по одной дисциплине, виду занятий, имеющие одинаковое количество часов и относящиеся к одному планируемому семестру. Для объединения потоков пользователь системы сначала должен выбрать один поток, который собирается объединить, затем выбирать другой поток из списка подходящих. За одно действие объединяются два потока, однако повторением этой операции можно объединить любое количество потоков. Для ускорения процесса получения подходящих для объединения потоков целесообразно продублировать эти параметры в сущности «Поток».

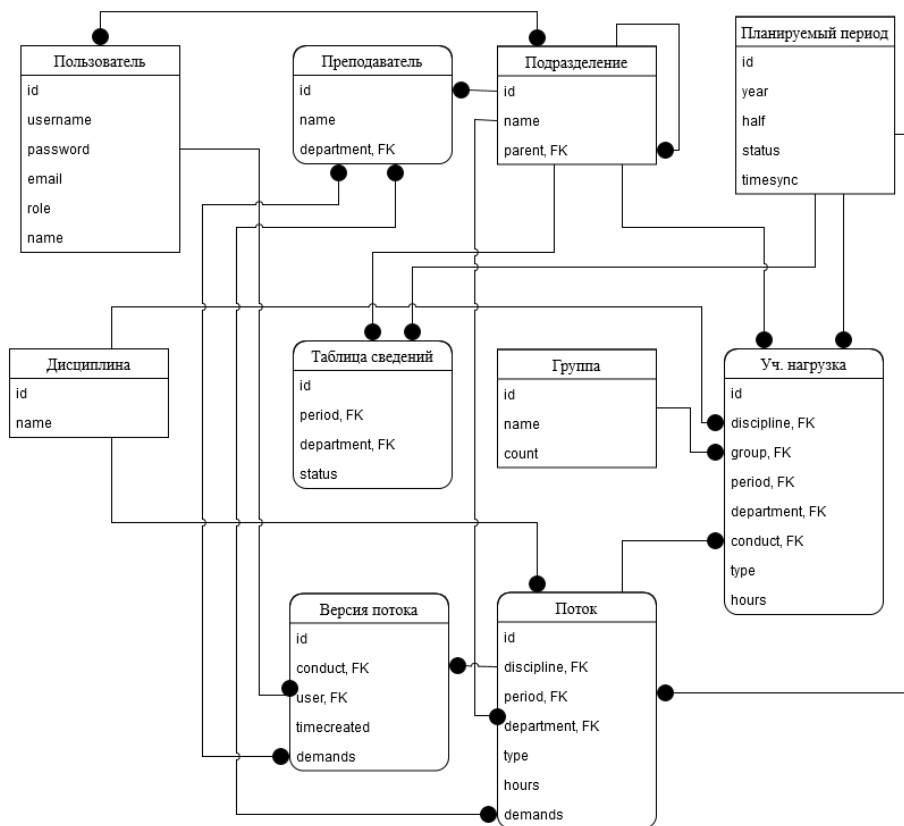


Рисунок 1 – ER-диаграмма базы данных

Поле «подразделение» также присутствуют у обеих сущностей, однако «Поток» может относиться к другому подразделению, нежели входящие в него «Учебные нагрузки».

Сущности «Поток» и «Версия потока» имеют общие поля требований к месту и времени проведения занятий, а также связь «Многие ко многим» с сущностью «Преподаватель». При проектировании базы рассматривались два подхода. Первый подход заключается в дублировании данной информации в истории изменений этих данных и в потоке. В таком случае увеличивается объем базы данных, но ускоряется время извлечения информации. Другой вариант – хранить эти данные только в сущности «Версия потока» и добавить в неё ещё один параметр «Последняя версия». При этом в базе данных будет меньше на одну таблицы (для связи «Многие ко многим»), однако замедлится получение списка текущих преподавателей и требований. Было принято решение выбрать первый подход с дублированием информации.

Нормализация базы данных позволяет структурировать таблицы и избавиться от некорректных зависимостей, однако у этого процесса также есть недостатки. В системах с большим количеством сущностей нормализация базы приводит к появлению очень большого количества таблицы и необходимости присоединять в запросах множество таблиц для получения нужных данных. Тогда становится обоснованной намеренная денормализация базы данных с целью оптимизации запросов. Одним из приемов денормализации и является введение избыточного дублирования данных

#### Библиографический список

1. Документы [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.sibsiu.ru/sveden/document/>. – 15.05.2018.
2. Ермакова Л.А. Построение единой информационно-образовательной среды университета // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы международной научно-практической конференции. – Уфа, 2015. – Т. 1. – С. 151–155.
3. Ермакова Л. А. Создание электронной информационной образовательной среды в СибГИУ / Л. А. Ермакова, А. Е. Шендриков // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах : труды IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 12-15 апреля 2016 г. – Новокузнецк, 2016. – Ч. 2. – С. 59-64.
4. Гусев М. М. Автоматизация процесса регистрации пользователей в LMS MOODLE // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. – Новокузнецк 2016 г. – Т. 4 – С. 195-197.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ГРУППОВОЙ РАССЫЛКИ СООБЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ «MOODLE»

**Раецкий А.Д., Шлянин С.А., Дворянчиков М.В., Гусев М.М.**  
**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ермакова Л.А.**

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

Работа посвящена созданию расширения к системе управления обучением «Moodle», позволяющему массово отправлять личное сообщение от преподавателя группе обучающихся. Дополнительный модуль создавался с использованием интерфейса программирования приложений системы управления обучением «Moodle».

Ключевые слова: сообщение, группа, система управления обучением, Moodle, плагин, электронная информационно-образовательная среда.

Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО 3+) выдвигают требования к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета, согласно которым в ее составе должна присутствовать система, обеспечивающая фиксацию хода образовательного процесса [1]. В Сибирском государственном индустриальном университете в качестве таковой используется система управления обучением Moodle [2].

Причиной выбора в пользу данной системы стала ее бесплатность (распространяется под лицензией GNU GPL), а также возможность вносить различные изменения в функциональные возможности системы путем разработки собственных дополнительных модулей (плагинов) под нужды образовательной организации. Примерами таких плагинов являются блоки, модули курса, модули размещения отзыва, типы вопросов на тест и многое другое.

Помимо богатых возможностей при организации фиксации хода образовательного процесса, система Moodle предлагает пользователям широкие возможности для коммуникации. В форуме можно проводить обсуждения, оценивать сообщения, прикреплять к ним файлы любых форматов. В личных сообщениях и комментариях – обсудить конкретную проблему с пользователем лично. В чате обсуждение происходит в режиме реального времени. Однако несмотря на широкие возможности коммуникации от коллектива преподавателей Сибирского государственного индустриального университета не раз поступало предложение добавить возможность массовой рассылки личных сообщений академическим группам обучающихся.

В настоящий момент для того, чтобы преподавателю выполнить отправку сообщения академической группе, приходится вручную выбирать каждого студента и отправлять ему сообщение стандартными средствами



системы Moodle. Данное действие отнимает очень много времени, потому в Сибирском государственном индустриальном университете было принято решение разработать собственный дополнительный модуль к системе Moodle, который позволил бы осуществлять групповые рассылки сообщений от преподавателей обучающимся.

Разработка дополнительных модулей к системе Moodle осуществляется с помощью интерфейса программирования приложений API Moodle [3]. Интерфейс программирования приложения API Moodle предоставляет разработчику множество полезных функций для взаимодействия с базой данных, файлами и прочим.

Модуль отправки групповых сообщений должен предоставлять возможность преподавателю в электронном курсе выбирать одну из подписанных на него групп обучающихся, вводить текст сообщения, которое в дальнейшем рассылалось бы всем обучающимся выбранной группы.

Помимо плагинов различных типов в системе Moodle предусмотрен «универсальный» тип плагина, называемый локальным. Локальные плагины не имеют каких-либо отличительных черт и могут встраиваться в уже существующие интерфейсные элементы системы Moodle. Так, для разработки модуля групповой рассылки был выбран локальный тип плагина.

Структурно локальный плагин системы Moodle представлен набором скриптов, расположенных в папке local системы. Данный тип плагинов поддерживает все стандартные возможности любого другого типа плагина Moodle. Ниже перечислен список файлов, которые могут входить в состав данного модуля:

- /local/xxx/version.php – версия плагина;
- /local/xxx/db/install.xml – содержит структуру таблиц базы данных в специальном формате XMLDB;
- /local/xxx/db/install.php – выполняется при первой установке плагина после создания базы данных из файла install.xml;
- /local/xxx/db/uninstall.php – выполняется при удалении плагина;
- /local/xxx/db/upgrade.php – выполняется при обновлении плагина после изменения версии в файле version.php;
- /local/xxx/db/access.php – содержит все новые объявления прав доступа, которые используются плагином;
- /local/xxx/db/events.php – содержит функциональность по работе с событиями;
- /local/xxx/db/messages.php – регистрирует новый тип сообщений, используемый плагином;
- /local/xxx/db/external.php – объявления внешних функций веб-сервисов;
- /local/xxx/cron.php – содержит cron-задачу, которая выполняется с интервалом, указанным в файле version.php;

– /local/xxx/lang/en/local\_pluginname.php – файл, содержащий строки на конкретном языке, используемые плагином;

– /local/xxx/lib.php – содержит ключевую функциональность плагина, здесь объявляются функции доступа к файлам, а также расширения интерфейсных возможностей системы для доступа к плагину;

– /local/xxx/settings.php – содержит конфигурационные опции плагина, которые добавляются в меню администрирования.

Вместо xxx предполагается имя разрабатываемого модуля. Не все из перечисленных выше файлов должны обязательно присутствовать в структуре локального плагина.

В роли академических групп в системе Moodle могут выступать глобальные группы. Такие группы могут быть подписаны на электронные курсы преподавателями. Кроме того в системе существуют локальные группы внутри курса, которые позволяют распределять обучающихся по различным критериям. Плагин отправки групповых сообщений должен извлекать все локальные группы электронного курса для их последующего выбора с отправкой сообщения всем участникам группы.

Для того, чтобы воспользоваться возможностями разработанного плагина, необходимо зачислить обучающихся на электронный курс системы Moodle с созданием локальных групп внутри курса. После этого станет доступна гиперссылка «Отправить сообщение группе» в блоке настроек во вкладке «Пользователи», что показано на рисунке 1.

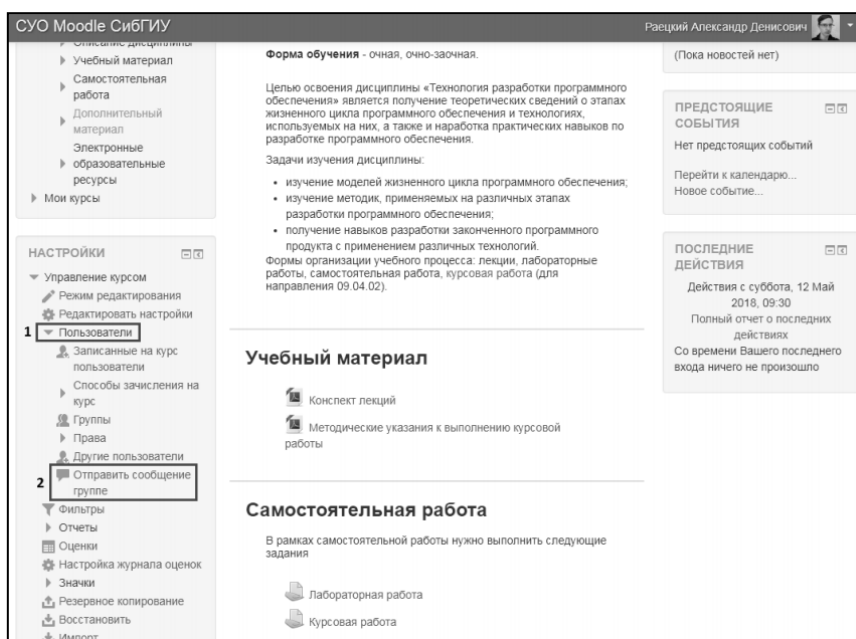


Рисунок 1 – Доступ к модулю групповой рассылки сообщений

При переходе по ссылке отобразится форма отправки группового сообщения (рисунок 2).

Рисунок 2 – Форма отправки группового сообщения

На данной форме необходимо выбрать группу, подписанную на курс, а также ввести текст сообщения, после чего нажать на кнопку «Отправить сообщение». Сообщение будет разослано всем пользователем, входящим в выбранную группу. Для возврата к содержимому электронного курса можно воспользоваться кнопкой «Вернуться к курсу».

В результате разработанный плагин существенно упростил работу преподавателя в случае необходимости отправки сообщения сразу всей группе обучающихся, подписанной на электронный курс системы управления обучением Moodle.

#### Библиографический список

1. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата [Электронный ресурс] – Режим доступа – [<http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4>] – Загл. с экрана (дата обращения: 01.06.2018).
2. Ермакова Л.А. Построение единой информационно-образовательной среды университета // Информационные технологии. Проблемы и решения : материалы международной научно-практической конференции. – Уфа, 2015. – Т. 1. - С. 151-155.
3. MoodleDocs [Электронный ресурс] – Режим доступа – [[https://docs.moodle.org/dev/Main\\_Page](https://docs.moodle.org/dev/Main_Page)] – Загл. с экрана (дата обращения: 01.06.2018).

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

**Одиноков А.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Гулевич Т.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Статистическая обработка как область деятельности характеризуется работой с большими объемами информации, что требует использования современных методов обработки информации и обеспечения больших вычислительных возможностей средств ИС для решения учебных и практических задач.

Ключевые слова: программные продукты, анализ и обработка данных, статистический анализ и обработка, информационные системы в промышленности, современные обучающие системы.

Статистическая обработка как область деятельности характеризуется работой с большими объемами информации, что требует использования современных методов обработки информации и обеспечения больших вычислительных возможностей средств ИС для решения учебных и практических задач.

Любой метод подразумевает собой выполнение некоторых условий его применения, что связано с неоправданными ошибками. В частности Новиковым, в книге «Методология научного исследования» [1, с. 225] рассматривается множество примеров неправильного использования методов статистической обработки и анализа данных.

Аналогичная ситуация обстоит с использованием программных продуктов. Необдуманное использование реализованных в них возможностей и недостаток навыков решения практических задач приводит к вычислительным ошибкам, получению недостоверных результатов вычислений.

Подобные ошибки во многом вошли в традицию, и определяют необходимость доработки и конкретизации некоторых предпосылок и условий их правильного применения.

В качестве примера можно привести ошибки в решении задач анализа и прогнозирования состояния развития некоторых явлений и процессов в экономике, статистике, решении задач оптимизации, качества продукции и многих других, связанные с неправильным выбором рассчитываемых зависимостей, несоблюдением или неправильной трактовкой предпосылок использования методов анализа и обработки данных [2].

С целью избегания подобных неточностей, предлагается разработка некоторой базы данных с возможностью совершенствования до базы знаний некоторой экспертной системы поддержки принятия решений для специали-

стов в решении задач анализа данных и научных работников.

На примере решения задачи определения коэффициентов корреляции между набором переменных установим логические взаимосвязи и возможные неточности в решении задач анализа данных.

Для проверки условий метода корреляционного анализа в общем случае можно отметить две группы предпосылок: предпосылки постановки эксперимента и предпосылки установления значимости полученных результатов.

Предпосылки первой категории в нашем случае рассматриваться не будут. Подробнее остановимся на второй подгруппе.

В рамках проверки предпосылок соответствия теоретическому нормальному закону распределения и проверки независимости ряда наблюдений некоторой исследуемой совокупности предполагается наличие некоторых проверочных критериев и возможностей графической визуализации, полученных результатов обработки, вычислений.

Условия выполнения предпосылок соответствия нормальному закону подразумевает анализ гистограмм, кумулятивных кривых (функции распределения) и полигонов частот (плотности распределения), как некоторого графического отображения предполагаемого (нормального) закона распределения, а также использования статистических критериев по группам параметрических (Хи-квадрат) и непараметрических (Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уиллка (Франция), Вилкоксона (Манна-Уитни)) с особенностями их применения к конкретным условиям.

Для проверки независимости некоторой выборочной совокупности наблюдений строятся графики автокорреляционной и частной автокорреляционной функций и используются проверочные критерии Бокса-Льюнга.

Современные программные продукты не в полном объеме реализуют возможности по проработке условий применения некоторых методов, в частности проверочных критериев и самой ее базы.

В программах Statistica стоит отметить недостаток мощных проверочных критериев непараметрической группы для проверки условий нормальности и однородности исследуемых групп наблюдений. Средствами Excel возможно лишь самостоятельное программирование необходимых расчетных выражений.

Создание базы данных имеющихся возможностей программных продуктов в области реализации современных методов анализа и обработки данных послужит некоторым помощником для молодых специалистов.

В качестве используемого программного продукта для реализации подобной базы данных использовалась небезызвестная MS Access.

Система поддерживает первичные и внешние ключи и обеспечивает целостность данных, что предотвращает несовместимость операций обновления и удаления данных. Также средствами Access реализована проверка допустимости ввода данных, предотвращающая некорректный ввод.

Разработанная БД включает в себя следующие основные компоненты-

сущности: реализуемая задача статистической обработки, рекомендуемый программный продукт, и имеющиеся в нем процедуры и функции, для реализации некоторого метода статистической обработки, теоретическая база некоторых методов реализованных на практике, предпосылок их применения, нормативно справочная информация по существующим критериям проверки предпосылок статистических методов и теоретическим законам распределения на базе известных семейств распределений Пирсона.

Концептуальная модель предметной области представлена на рисунке 1.

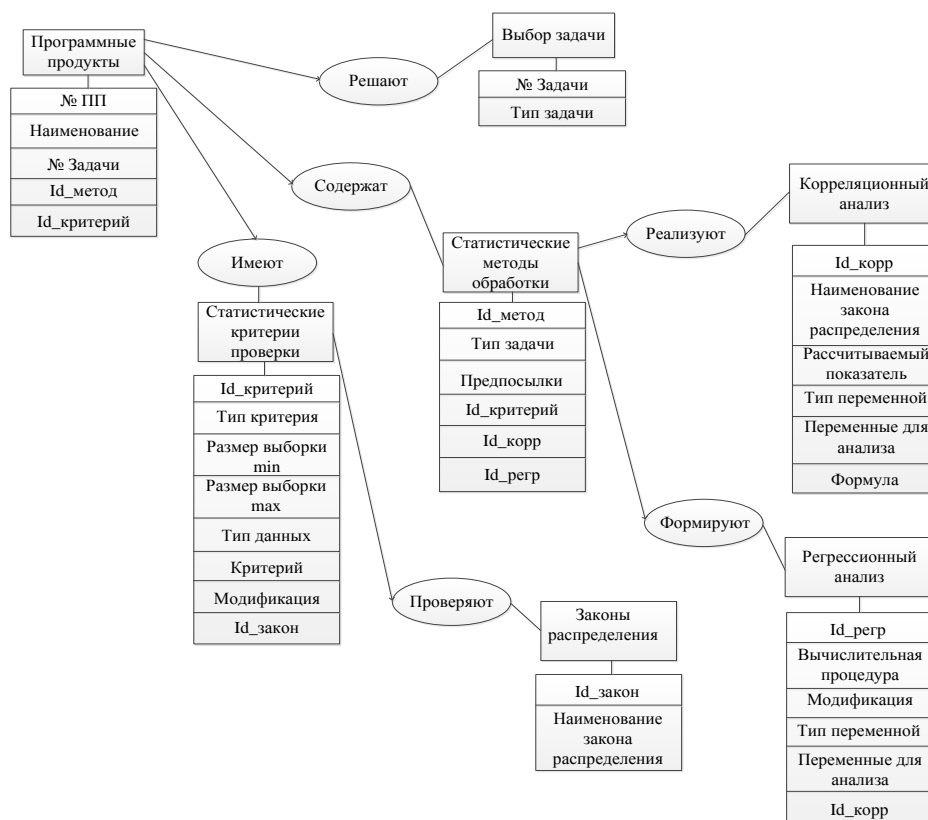


Рисунок 1 – Концептуальная модель предметной области «Анализ и обработка данных»

Пример создания таблицы объектов и настройки свойств и соответствующих типов данных для сущности корреляционный анализ представлен на рисунке 2.

Корреляционный анализ	
Имя поля	Тип данных
Id_Corr	Счетчик
Cor_task	Текстовый
CorType_var	Текстовый
CorAnalysis_var	Текстовый
Cor_model	Текстовый

Рисунок 2 – Структура таблицы «Корреляционный анализ»

Структура базы данных в форме даталогической модели сущностей некоторой предметной области и установленные связи между полями таблиц представлены на рисунке 3.

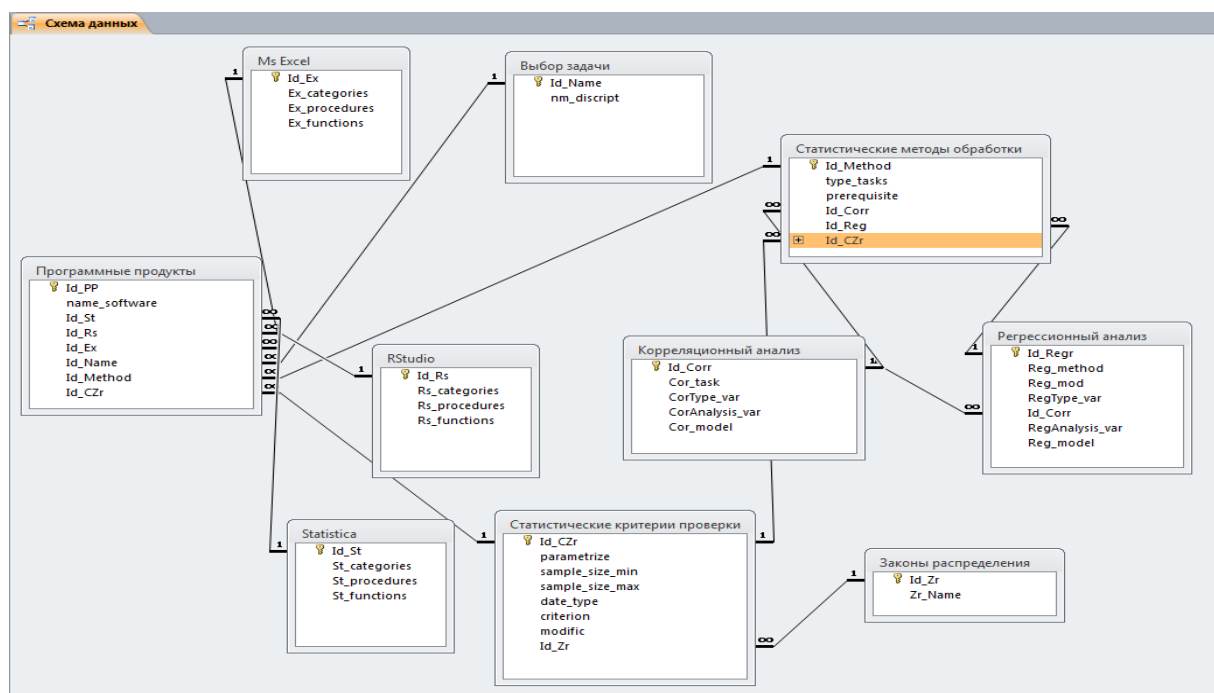


Рисунок 3 – Даталогическая модель СУБД по выбору программного продукта и методов статистической обработки в Microsoft Access 2010

Возможным улучшением подобной базы данных может быть реализованная на ее основе база знаний для некоторой экспертной системы принятия решений и систематизации знаний специалистов в решении задач статистической обработки. Такая система способна предлагать варианты решения выбранной задачи статистической обработки, метод решения и критерий проверки некоторых предпосылок, осуществлять поиск ранее неизвестных правил и закономерностей в базах данных, а также предлагать варианты решения по известным шаблонам ранее решаемых задач.

Архитектура данного информационно-программного комплекса представляет собой централизованную клиент-серверную СУБД, где файл-сервер один из компьютеров сети используется как сервер, остальные являются рабочими станциями.

Некоторые правила формирующие данную базу знаний для реализации, в некоторой среде разработки представлены на рисунке 4.

По запросу пользователя формируется выборке данных для решения некоторой производственной задачи. Используемый прикладной программный продукт предлагает некоторый алгоритм решения предложенной пользователем задачи в рамках реализованных статистических методов, некоторых процедур и функций для ее решения. Данная информация поступает в репозиторий базы данных, запускается процедура необходимых преобразо-

ваний, поисковая процедура выработки решений с использованием предложенного метода. И как итог формируется некоторое правило, которое заносится в базу знаний (таблицу) и может использоваться в качестве шаблона для решения подобных задач.

```
if распределение = эмпирическое и теоретическое and тип переменной = относительная,
интервальная and вид критерия = непараметрический, and  $v > 50$ , then
критерий = шапиро-франчия.
```

```
if шапиро-франчия < 0,927; or колмогорова-Смирнова < 0,248; or хи-квадрат < 14,07;
and Бокса-Льюнга < 118,2; then коэффициент Пирсона
```

Рисунок 4 – Даталогическая модель СУБД по выбору программного продукта и методов статистической обработки в Microsoft Access 2010

Структурная схема реализации подобной системы представлена на рисунке 5.

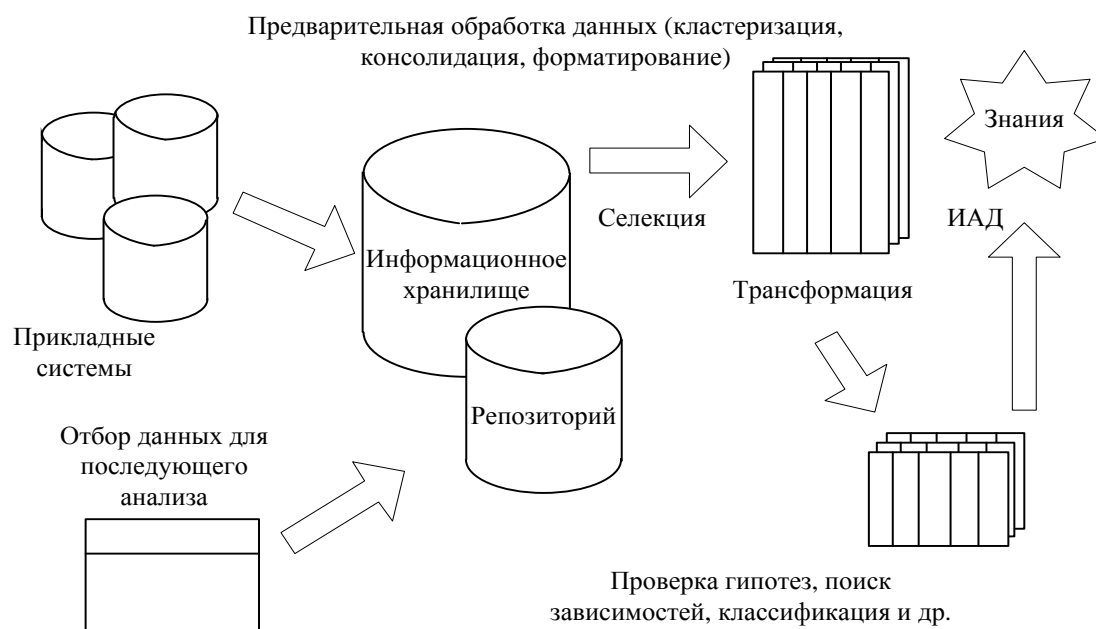


Рисунок 5 – Структура информационно-программного комплекса справочно-обучающей системы

*Заключение.* Представленная рекомендативная база данных/знаний принятия решений предназначена для решения задач по выбору вариантов реализации задач статистических методов анализа и обработки, реализованных в современных программах имеющих процедуры и функций, некоторых правил и закономерностей решения определенной группы задач, а также предлагать варианты решения по уже известным шаблонам ранее решаемых задач.

Эффект от внедрения подобного рода систем заключается в повышении эффективности управления за счет оптимальной организации стадии планирования, принятия решений, а также повышения качества полученных



результатов в некоторой области знаний.

#### Библиографический список

- 1 Новиков А. М. Методология научного исследования [Текст] / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – М.: Либроком, 2010. – 280 с.
- 2 Актаева А. У. Анализ проблем проектирования и внедрения информационных систем в вузах [Текст] / А. У. Актаева // Программные продукты и системы. – 2009. – № 3. – С. 75 – 78. – ISSN 0236-235X
- 3 Советов Б.Я. Базы данных: теория и практика [Текст]: учеб. / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовский. – М.: Юрайт, 2013. – 463 с.

УДК 004.915

### РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ПО ОСНОВАМ НАПИСАНИЯ КИТАЙСКИХ ИЕРОГЛИФОВ

Губанов Н.В.

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ермакова Л.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Rage100@bk.ru*

Электронный образовательный ресурс на тему «Основы написания китайских иероглифов» призван для того, чтобы визуализировать значимость различия иероглифических черт между собой и порядка написания их в иероглифе. Описаны технологии создания ЭОР и приведены конкретные примеры применения ЭОР для проведения лекций, а также самостоятельной работы обучающихся.

Ключевые слова: электронный образовательный ресурс, электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, китайский язык, «Основы написания китайских иероглифов», электронный учебник.

Когда речь заходит о модернизации образования, нередко вспоминаются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), ведь ЭОР не являются только лишь книгой с навигацией, ЭОР обеспечивает оптимальное понимание и запоминание материала, что положительно влияет на актуальность разработки ЭОР.

Электронный учебник в отличие от обычного обеспечивает интерактивное взаимодействие между компьютером и человеком, поскольку выдача информации происходит после действия обучающегося.

Благодаря мультимедийному представлению учебной информации, содержащемуся в ЭОР, пользователь может получить информацию не только в текстовом виде, но и в виде аудио-видеофрагментов, картинок и рисунков.

К электронному образовательному ресурсу следует отнести компью-

терные обучающие программы и автоматизированные учебные курсы, официально не определенные ГОСТами. Компьютерная обучающая программа обычно представляет собой систематизированное изложение определенного учебного материала для изучения одного вопроса учебной программы, включающего текстовый, иллюстративный (в том числе мультимедийный) учебный материал, гиперссылки, контрольные вопросы. Компьютерные обучающие программы предназначены как для самостоятельной работы обучающихся, так и для работы под руководством преподавателя. Компьютерные обучающие программы, кроме приобретения знаний, могут обеспечивать и получение некоторых умений и навыков [1].

ЭОР включает в себя использование различных технологий контроля и оценки полученных знаний, такие как тесты, вопросы и задания.

В данной статье представлено учебно-методическое пособие к электронному образовательному ресурсу «Новые горизонты. Интегральный курс китайского языка»[2].

Использование иллюстративных (мультимедийных) материалов вызвано более простым в способе для обучающегося в усвоении информации. ЭОР можно назвать комплексной системой обучения определенной тематики, ведь обучающемуся представляется теоретический материал, который содержит в себе ссылки и пояснения на определения, которые могли бы вызвать сложность при понимании, и потребовать использование стороннего учебного материала. Помимо теоретического материала присутствует иллюстративный материал, который является неотъемлемой частью при изучении китайских иероглифов, ведь сам иероглиф представляет из себя некую картинку, которая изменяясь со временем эволюционировала в иероглиф, став легче для написания и сложнее для понимания его смысла. Одной из главных и неотъемлемых частей ЭОР является проверка усвоенного материала в виде заданий, вопросов и тестов.

Разработанная ЭОР выполнена в среде разработки Unity на языке программирования C#. На данный момент ЭОР работает на операционной системе Windows, однако ее с легкостью можно перекомпилировать под Android, IOS или любую другую платформу при помощи запуска ЭОР в Unity, поскольку в нем можно разрабатывать мультиплатформенные приложения, не изменяя при этом исходный код программы.

Электронный образовательный ресурс включает в себя три основных главы в изучении основ написания китайских иероглифов:

- Иероглифические черты;
- Порядок написания иероглифических черт;
- Основные принципы написания иероглифических черт.

В разделе «Иероглифические черты» уклон информации ведет к тому, что знание черт и умение их распознавать могут помочь как в переводе с китайского языка, так и в правильном, красивом написании иероглифа, что незаменимо полезно в письменном китайском языке. В разделе «Порядок

написания иероглифических черт» освоение информации рассчитано на правильную последовательность написания черт. В разделе «Основные принципы написания иероглифических черт» собраны все нюансы в написании иероглифов, будь то их фиксированный размер, вне зависимости от количества черт или присутствие направление при написании черт.

Разработанный ЭОР обладает качествами:

- Интерактивного взаимодействия между компьютером и обучающимся. Изучение китайских иероглифических черт без представления информации в виде изображения сложно даже и представить, однако чрезмерным количеством изображений в теоретическом материале можно не только запутать обучающегося, но и попросту напугать. Обучение основ – это лишь начало долгого пути к совершенству, и дабы не избавить пользователя от целей на будущее его достигнуть, не стоит сразу пугать недостижимостью этих целей. Для представления материала порционно и по требованию обучающегося в ЭОР присутствует интерактивность действий, при изучении определенной черты можно попросить программу показать пример использования данной черты в иероглифе, что позволит свести к минимуму занятое пространство учебника и обратить внимание конкретно на изучение данной черты. После чего можно попросить скрыть данный материал и перейти к следующему. При повторении материала примеры использования черт в иероглифе будут скрыты, что позволит избежать случайного подглядывания статично расположенного иллюстративного материала, как в обычной бумажной книге;

- Быстрый доступ к информации. Каждому человеку, читающему хоть научные, хоть литературные произведения знаком тот момент, когда в тексте встречается незнакомое для обучающегося слово, в некоторой части случаев на данное слово или термин присутствует ссылка, по которой можно узнать слово внизу страницы или в конце учебного материала, однако в большинстве случаев автор рассчитывает на то, что с данной терминологией человек уже знаком, и приходится пользоваться сторонними ресурсами, отвлекаясь от прочтения, или попросту проигнорировать термин, потеряв часть, а может быть и весь смысл предложения. Использование интерактивных ссылок на материал из глоссария электронного учебника позволит сократить время отвлечения от прочтения, по нажатию на непонятное определение получить справку о слове, после чего закрыть ее и продолжить с того же места;

- Расширение функциональных возможностей обучающегося. Разработанный ЭОР позволяет изучать не только теоретический материал, но и практиковаться на изучении порядка написания иероглифических черт, что ранее было доступно лишь с использованием пишущего инструмента, бумаги и ровной поверхности для написания. Данным родом занятия раньше можно было пользоваться только дома, в учебных учреждениях или другом месте с ровной поверхностью в виде стола или парты, однако помимо этого требовало бы определенных записей последовательности написания иероглифа. В данной ЭОР при виде иероглифа в главе «Порядок написания иероглифических

черт» можно показать последовательность его написания по одной из черт, что позволит сравнить представление обучающегося о построении иероглифа с истинным. В добавок, при использовании ЭОР обучение может продолжаться после того, как человек покинул аудиторию. Находясь в общественном транспорте, в кафе или в парке обучение продолжается;

- Обеспечение комплексного процесса обучения. Разработанная ЭОР включает получение теоретической информации, подкрепленной терминами глоссарий, практическое применение информации в виде вопросов для самоконтроля и неотъемлемой части любой ЭОР – тестирования.

Тестирование является одной из основных особенностей, имеющей ключевое значение в разделении печатного и электронного материала. В разработанной ЭОР имеется тестирование по всему материалу электронного учебника, что положительно влияет на обучение в целом. Тестирование включает в себя вопросы с единственным правильным ответом, множественным правильным ответом и вопросом на отображение последовательности (рисунок 1), которую необходимо выстроить, меняя иероглифические черты между собой.

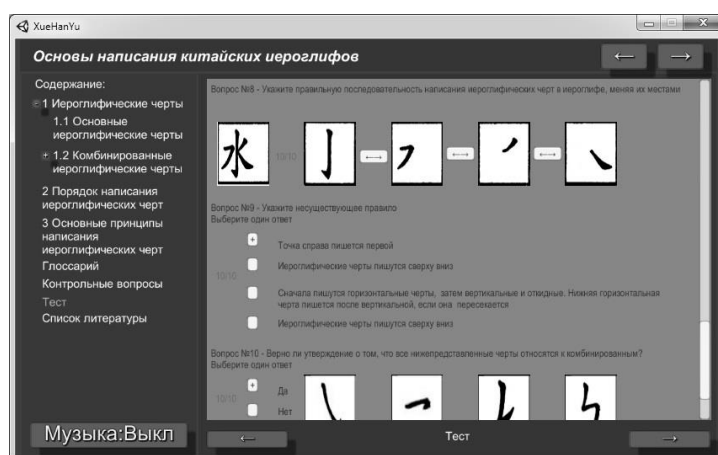


Рисунок 1 – Тестирование в ЭОР

Таким образом, разработанный электронный образовательный ресурс упрощает освоение материала обучающимися при самостоятельном обучении и позволяет визуализировать все принципы, порядок написания и использование черт в иероглифах при изучении материала на тему «Основы написания китайских иероглифов».

#### Библиографический список

1. Электронные образовательные ресурсы [Электронный ресурс]: электронный научный журнал. Режим доступа: <http://www.swsys-web.ru/electronic-educational-resources.html>, свободный (дата обращения: 13.06.2018).

2. Ивченко Т.В. Новые горизонты интегральный курс китайского языка [Текст] / Т.В. Ивченко – Пекин: «EducationalSciencePublishingHouse», 2012 – 184с.

## ВЫБОР МЕТОДА РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

Сарафанников Е.О.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Грачёв В.В

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: s2n94@mail.ru, vitaly.grachev@nicsu.ru*

В статье ставится задача рассмотреть методы решения транспортной задачи, позволяющие быстро и качественно работать с большими объемами данных. В результате анализа автор доказывает, что не все методы подходят для решения задач с большим количеством входных данных. На основе проведенного анализа автором предлагается алгоритм решения транспортной задачи с использованием нейронных сетей.

Ключевые слова: транспортная задача, методы, опорный план, оптимальный план, нейронные сети.

Транспортная задача является частью линейного программирования, и играют большую роль в уменьшении транспортных издержек. А также является одним из методов при оптимизации затрат, издержек, снижении себестоимости продукции и т. д.

Математическое решение транспортной задачи может осуществляться несколькими методами для определения оптимального и подходящего проведем сравнительный анализ.

Прежде чем начать сравнительный анализ следует отметить, что транспортная задача — это целый алгоритм, состоящий из нескольких этапов, для каждого из которых существует множество вариантов реализации.

Алгоритм решения транспортных задач включает следующие этапы:

- 1) проверка на сбалансированность или приведение к ней;
- 2) определение первоначального опорного плана;
- 3) определение опорного оптимального плана.

Рассмотрим следующие методы поиска решения первоначального опорного плана:

*Метод минимального элемента.* При этом методе на каждом шаге построения опорного плана первой заполняется та клетка оставшейся части таблицы, которая имеет наименьший тариф, если такая клетка не единственная, то заполняется любая из них [1, с 9]. Плюс он же и минус возможность расчета тарифа пути, но только либо по строке, либо по столбцу.

*Метод аппроксимации Фогеля.* При решении задачи данным методом по всем строкам и столбцам таблицы находится разность между минимальными тарифами (строка или столбец с наибольшей разницей является предпочтительным) [2, с 12]. То есть в пределах выбранной строки или столбце находится ячейка с наименьшим тарифом, на которую записывают отгрузку.

Поставщики, перечисленные в таблице, полностью исчерпали возможности по отгрузке удаляются, а столбцы с потребителями убираются если их потребности удовлетворены. К плюсам можно отнести все тот же учет тарифа пути, но из-за громоздкости решения данный метод нельзя назвать оптимальным.

*Метод двойного предпочтения.* Если матрица тарифов с большим количеством клиентов и поставщиков велика, тогда перебор всех элементов занимает очень много времени, поэтому для таких случаев и используется данный метод. Алгоритм данного метода предполагает в первую очередь нахождение наименьшего тарифа в каждом столбце и строке. В результате данного этапа в таблице появятся ячейки, которые имеют минимальный тариф как по строке, так и по столбцу. Для этой ячейки назначают максимально возможное значение объема перевозимого груза, каждый раз исключая из рассмотрения соответствующие столбцы или строки. На следующем этапе объемы перевозок распределяются среди не совпавших ячеек. В оставшихся ячейках минимальное количество товаров распределяется по наименьшей стоимости.

Рассмотрим методы определения опорного оптимального плана:

*Метод потенциалов.* Найдя исходный опорный план, поставщику  $A_i$  (один поставщик - одна строка в таблице) поставщику некоторое число  $u_i$  ( $i=1, m$  где  $m$  – количество поставщиков), а каждому потребителю  $B_j$  (столбец - потребитель) определенное число  $y_j$ . Переменные  $u_i$  и  $y_j$  называют потенциалами поставщика  $A_i$  и потребителя  $B_j$  соответственно. Сумма потенциалов должна равняться тарифу на перевозку в любой заполненной клетке т. е.  $u_i + y_j = c_{ij}$ . Для нахождения потенциалов предположим, что  $u_1 = 0$ , тогда в случае одной неизвестной можно найти значение  $y_j$ . Найдя все потенциалы ориентируясь на выражение  $u_i + y_j = c_{ij}$ , проводим проверку оптимальности плана, просматриваются свободные клетки  $(i, j)$  в таблице и для каждой из них вычисляется разность  $S_{ij}$  между тарифом  $c_{ij}$  и суммой  $u_i + y_j$  потенциалов строки и столбца. Если  $S_{ij}$  больше нуля в свободных клетках тогда считается план оптимальным, если меньше нуля, то это указывают на перспективность клеток, загрузка их приведет к улучшению плана. Переход к новому плану осуществляется построением замкнутого контура для перспективных клеток, вершинам которых приписываются чередующиеся знаки (свободной клетке приписывается положительный знак). Когда среди оценок не окажется отрицательных, полученный план будет оптимальным. Из плюсов данного метода следует отметить, что в нем не надо искать циклов с отрицательной ценой, что позволяет достаточно быстро определить оптимальный план.

*Венгерский метод.* Основным смыслом венгерского метода заключается в переходе от исходной квадратной матрицы стоимости  $C$  к эквивалентной ей матрице  $C_3$  с неотрицательными элементами и системой  $n$  независимых нулей, из которых никакие два не принадлежат одной и той же строке или одному и тому же столбцу. Если в матрице назначения  $X$  расположить  $n$  еди-

ниц так, что в каждой строке и столбце находится только по одной единице, расставленных в соответствии с расположенными и независимыми нулями эквивалентной матрицы стоимости  $C_3$ , то получим допустимые решения задачи о назначениях. Достоинством является возможность проанализировать результат каждой итерации был наиболее близок к оптимальному плану. Это позволяет контролировать процесс вычислений и прекратить его при достижении определенной точности показателей. Данное свойство существенно для задач большой размерности. [3, с 24]. Недостаток, довольно трудоемкая реализация.

Существует множество и других методов решения транспортных задач, но здесь описаны наиболее подходящие для обработки большого объема данных. Данные методы подойдут для компаний, фирм у которых более десяти складов и более пятидесяти клиентов.

В выбранных методах наибольшую роль играет стоимость пути или, проще говоря, тариф на перевозку груза. Этот показатель, коэффициент определяет точность, правильность, достоверность работы метода. В транспортной задаче стоимость пути может складываться из множества переменных, но определяющими остаются показатели стоимости бензина и пройденного расстояния. В свою очередь, пройденное расстояние зависит не только от удаленности точек старта и финиша, но и дорожной ситуации, различных рисков на пути следования, ограничений по времени, например, при доставке скоропортящихся продуктов. Учесть множество факторов при этом автоматически рассчитав, определив оптимальный путь возможно, только при помощи искусственных нейронных сетей (в дальнейшем ИНС).

Нейронные сети уже давно используют для решения транспортных задач с ограничениями по времени и учетом различных рисков [4, с 57]. Уже многие программные продукты, связанные с логистикой и перевозкой грузов, используют нейронные сети при решении задач коммивояжера. Это связано с тем, что ИНС является довольно мощным и в то же время гибким инструментом при расчете маршрута, но наиболее ценным является его возможность прогнозирования [5, с 71]. Достаточно небольшой нейронной сети, чтобы прогнозировать бедующие маршруты, данная простота уже позволит сэкономить время в пути особенно это актуально в больших городах с их неразмержными транспортными заторами.

В результате всего изложенного выше можно сделать вывод, что каждый метод линейного программирования, решающий транспортную задачу, уникален и специфичен. Для решения объемных задач подойдет метод двойного предпочтения для нахождения первоначального опорного плана, так как он учитывает стоимость и по столбцу, и по строке матрицы, что делает план более верным и точным. Найти оптимальный план поможет метод потенциалов. Для расчета тарифа или стоимости перевозки, несомненно, следует применять нейронные сети.

## Библиографический список

1. Семериков, А. В. Решение транспортных задач [Текст] : учеб. пособие / А. В. Семериков. – Ухта : УГТУ, 2013. – 58 с.
2. Цыплакова О.Н., ЦысьЮ.В., Кобылина А.В. Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия (Научная статья)
3. Мухтаров Ш.М., Кабикенов С.Ж., Курмашева Б.К., Секербаева А.Ф. Развитие придорожного сервиса в Республики Казахстан (на примере расчета технико-экономических показателей АЗС).- Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук № 04 (87) апрель 2016. Часть I. — 121–126 с.
4. Даюб Я. Методы решения транспортной задачи с ограничениями по времени и риску // Радиоэлектроника и информатика. 2010. №3. С.67-71
5. Пронин С,В. Применение искусственных нейронных сетей для моделирования транспортных систем // Автомобильный транспорт. 2006. №18. С.123-125

УДК: 621.73

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАДКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА**

**Устинова А.Г., Прудкий Е.Е., Чудов А.Е., Федорова М.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Филиппова М.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: ustinovamm132@mail.ru*

В работе проведено комплексное изучение инвариантных характеристик деформации и энергосиловых условий деформации металла при осадке. Установлены размеры зон затрудненной деформации и размеры зон максимальной деформации. Отмечено появление динамической составляющей силы при осадке цилиндрической заготовки на кривошипном прессе и снижение силы осадки вблизи нижней «мертвой точки» движения ползуна.

Ключевые слова: осадка, моделирование, деформация, напряженно-деформированное состояние, процесс.

Осадкой называют технологическую операцию, при помощи которой уменьшают высоту исходной заготовки с одновременным увеличением площади ее поперечного сечения [1].

Осадка является одной из наиболее распространенных операций в кузнечном производстве. Несмотря на кажущуюся простоту, эта операция связана с осуществлением очень сложного процесса пластического формоизменения металла. Деформация металла при осадке крайне неравномерна по объему заготовки. Внешним проявлением этой неравномерности является образование бочки при осадке. Установлено, что пластическая деформация



при осадке цилиндрической заготовки, неравномерна как по высоте, так и радиусу заготовки [2].

Являясь наиболее распространенным технологическим процессом, осадка широко используется в лабораторных испытаниях для определения упрочнения металла и его пластичности, рекристаллизации и уровня структурно-чувствительных свойств.

Несмотря на большое количество работ по теоретическим вопросам осадки, остаются вопросы, связанные с распределением инвариантных характеристик деформации, напряжения и пластических свойств металла. Знание локальных характеристик напряженно-деформированного состояния металла при его осадке может выявить возможности образования трещин, а также улучшение структуры и свойств металла. От правильного выбора схемы деформации и температурно-скоростных условий деформации зависит качество готового изделия, так как пластическая обработка влияет на результаты последующей термической и механической обработки [3.4].

Целью работы является комплексное изучение инвариантных характеристик деформации и энергосиловых условий деформации металла при осадке.

#### 1. Методика исследования.

В последнее время для моделирования технологических процессов обработки металлов давлением широкое применение нашел метод конечных элементов. В работе использовали пакет программ для компьютерного моделирования Deform-3D. Основной задачей Deform-3D является замена натурального эксперимента компьютерным моделированием.

Работа с программой начинается с задания исходных данных. К ним относятся: чертеж поковки; создание моделей трения; выбор технологического оборудования; выбор материала и свойств заготовки и инструмента; задание температуры заготовки и инструмента. Затем задаются условия хода инструмента и моделирование, после чего производится запуск процесса решения. Результаты решения выводятся на монитор [5-12].

Для моделирования были выбрана цилиндрическая заготовка диаметром 49 мм и высотой 60 мм. Отношение  $H/D = 1,22$ . Материал заготовки сталь 40.

Осадку цилиндрических заготовок проводили при температуре 1150°C. Бойки для осадки изготовлены из стали марки 5ХНМ. Температура бойков 200°C. Величина коэффициент трения между заготовкой и инструментом составляла 0,3. Оборудование, используемое при моделировании, описывалось техническими характеристиками кривошипного пресса.

Поскольку в процессе осадки цилиндрической заготовки она симметрична относительно вертикальной и горизонтальных осей, моделирование проводили только для половины заготовки.

Напряженно-деформированное состояние металла определяли, используя основные инвариантные характеристики:

Интенсивность деформаций:

$$\varepsilon_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_1^2} \quad (1)$$

Интенсивность напряжений:

$$\sigma_i = ((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2)^{0,5} \quad (2)$$

Моделировали также изменение силы и работы деформации при осадке цилиндрических образцов.

## 2. Результаты исследования

На рисунке 1 представлен интерфейс осадки цилиндрической заготовки на плоскопараллельных бойках (бойки не показаны). Приведены четыре промежуточных этапа деформирования цилиндрической заготовки.

Как видно из рисунка, интенсивность деформации отдельных участков поковки имеет разный цвет. Численную величину интенсивности деформаций можно определить, используя масштабную линейку. (Слева вверху от штампа с поковкой).

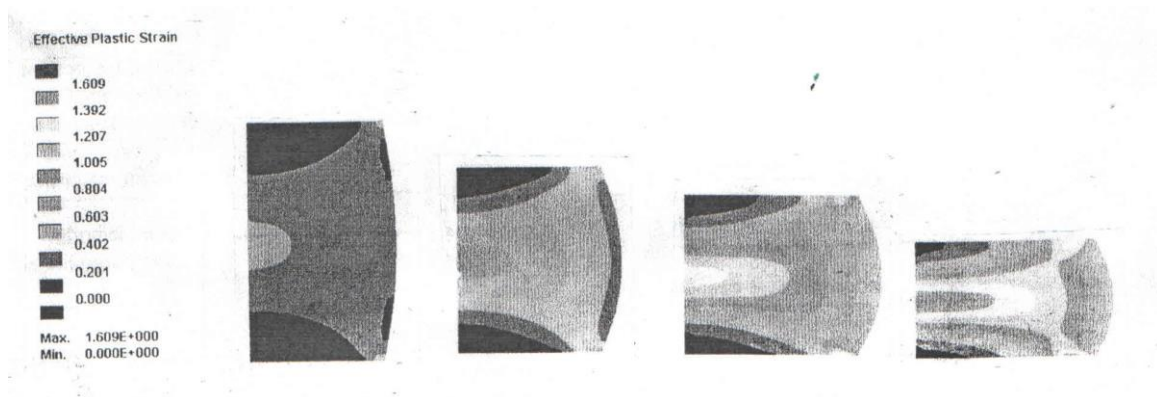
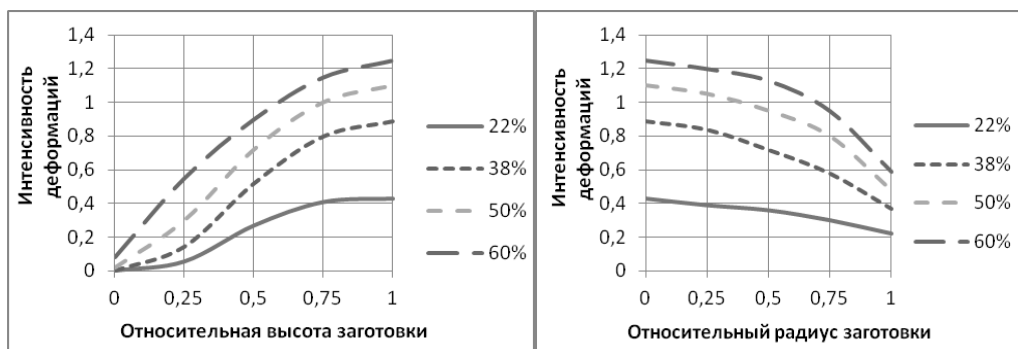


Рисунок 1 – Интенсивность деформаций при осадке цилиндра со степенью деформации 22 %, 38 %, 50 % и 60 %

Можно отметить, что интенсивность деформаций по сечению распределяется неравномерно. Отчетливо видно участки интенсивной деформации металла и участки, где пластическая деформация мала или отсутствует. В готовой поковке (Рисунок 1) наибольшую деформацию получили центральные слои поковки. Наименьшую деформацию получили поверхностные слои поковки. По результатам компьютерного моделирования были построены графики распределения интенсивности деформаций в различных сечениях поковки. Сечение *A* располагается вдоль вертикальной оси симметрии поковки. Сечение *B* располагается вдоль горизонтальной оси симметрии поковки.

На рисунке 2а приведен график изменения интенсивности деформаций в вертикальном осевом сечении при осадке цилиндрической поковки при различных степенях деформации. Интенсивность деформации измеряли от верхней поверхности контакта металла с бойком до горизонтальной оси симметрии поковки.



а

б

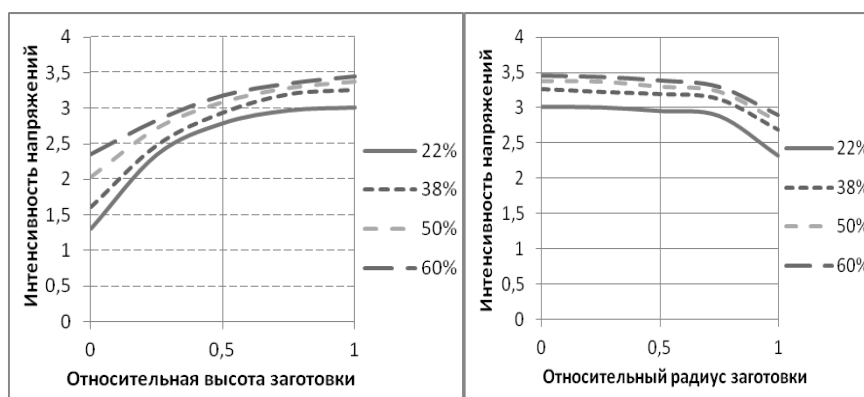
а – по высоте поковки поковки, б- вдоль радиуса поковки, при осадке цилиндрической заготовки диаметром 49 мм при степени деформации  $\varepsilon=22\%$ , б –  $\varepsilon=38\%$ , в –  $\varepsilon=50\%$  и  $60\%$

Рисунок 2 – Графики изменения интенсивности деформаций  $\varepsilon_i$

Так, для вертикального сечения А при степени деформации равной  $\varepsilon = 22\%$  интенсивность деформации в центральной части поковки равна 0,43 и уменьшается по направлению к поверхности поковки до 0,001. С увеличением величины относительного обжатия до  $\varepsilon = 38\%$  интенсивность деформаций изменяется от 0,89 в центральной зоне поковки до 0,002 на поверхности поковки.

При степени деформации 60% интенсивность деформации изменяется от 0,08 на поверхности поковки до 1,25 в центральной части поковки.

В горизонтальном сечении В (рисунок 2б) наблюдается общая тенденция, связанная с тем, что с увеличением степени деформации интенсивность деформации увеличивается. Интенсивность деформаций от оси поковки до боковой поверхности незначительно уменьшается. Так при степени деформации 22% интенсивность деформации уменьшается от 0,43 до 0,22. С увеличением степени деформации до 38% происходит уменьшение интенсивности деформации от 0,89 в центральной части поковки до 0,37 на боковой поверхности поковки. При степени деформации 60%, происходит уменьшение интенсивности деформаций от 1,25 в центральной части поковки до 0,59 у боковой поверхности осаженного цилиндра.



а

б

а – по высоте поковки поковки, б- вдоль радиуса поковки, при осадке цилиндрической заготовки диаметром 49 мм при степени деформации  $\varepsilon=22\%$ , б –  $\varepsilon=38\%$ , в –  $\varepsilon=50\%$  и  $60\%$

Рисунок 3 – Графики изменения интенсивности напряжений  $\sigma_i$

На рисунке 3а приведен график изменения интенсивности напряжений в вертикальном осевом сечении при осадке цилиндрической поковки при различных степенях деформации. Интенсивность напряжений измеряли от верхней поверхности контакта металла с бойком до горизонтальной оси симметрии поковки.

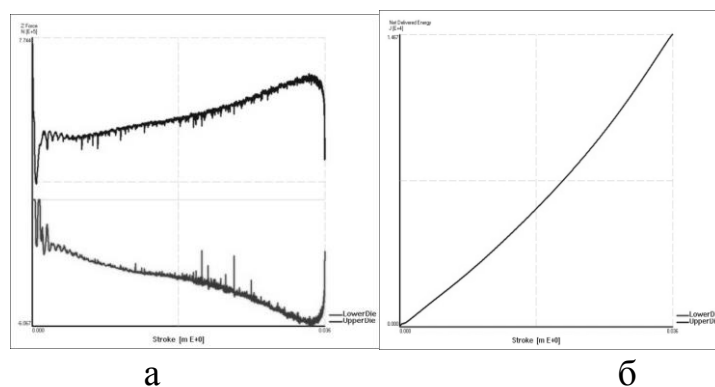
Для вертикального сечения А при степени деформации равной  $\varepsilon = 22\%$  интенсивность напряжений на поверхности поковки равна 1,31 и увеличивается по направлению к центральной части до 3,01. С увеличением величины относительного обжатия до  $\varepsilon = 38\%$  интенсивность напряжений изменяется от 3,26 в центральной зоне поковки до 1,61 на поверхности поковки.

При степени деформации 60% интенсивность напряжений изменяется от 2,35 на поверхности поковки до 3,45 в центральной части поковки.

В горизонтальном сечении В (рисунок 3б) наблюдается общая тенденция, связанная с тем, что с увеличением степени деформации интенсивность напряжений увеличивается. Интенсивность напряжений от оси поковки до боковой поверхности незначительно уменьшается. Так при степени деформации 22% интенсивность деформации уменьшается от 3,01 до 2,32. С увеличением степени деформации до 38% происходит уменьшение интенсивности напряжений от 3,26 в центральной части поковки до 2,69 на боковой поверхности поковки. При степени деформации 60%, происходит уменьшение интенсивности напряжений от 3,45 в центральной части поковки до 2,89 у боковой поверхности осаженного цилиндра.

Как известно, при деформации металла на кривошипном прессе скорость ползуне пресса является переменной величиной и изменяется от максимального значения до нуля в нижнем положении ползуна пресса.

На рисунке 4а приведен график изменения усилия прессе при осадке цилиндрической заготовки. Можно отметить, что с увеличением степени деформации усилие деформации возрастает, достигает максимального значения и затем резко уменьшается. Максимальное статическое усилие осадке цилиндра из стали 40 при температуре 1150°С составляет 0,59 МН. Максимальное усилие получено на расстоянии 1,5 мм до нижней «мертвой точки» ползуна пресса.



а – сила осадки на верхнем и нижнем бойках, б- работа осадке

Рисунок 4 - Графики изменения энергосиловых параметров осадки цилиндрической заготовки

Можно также отметить, что в начальный момент осадки при скорости верхнего бойка кривошипного прессы 7,3 м/с при встрече с заготовкой возникают значительные динамические усилия, которые превышают максимальное статическое усилие осадки в 1,3 раза. Время осадки цилиндра до степени деформации 60% составляет 0,01 с, и время колебательного процесса при встрече бойка с заготовкой составляет 0,0007 с.

На рисунке 4б приведен график работы, которая необходима для формоизменения металла. С увеличением степени деформации величина работы деформации возрастает. Для осадки цилиндра на 60% из стали 40 при температуре 1150°C требуется 0,147 кДж. График работы осадки можно аппроксимировать уравнением

$$A=185,7 \cdot x^{1,209}$$

Достоверность аппроксимации составляет  $R=0,997/$

Комплексное исследование операции осадки позволило выявить размеры и форму зон затрудненной деформации. С увеличением степени деформации размеры зоны затрудненной деформации уменьшаются. Наиболее интенсивно прорабатывается центральная часть заготовки, где интенсивность деформации составляет 1,25.

Интенсивность напряжений снижается от центральной части до боковой поверхности заготовки.

Установлено наличие динамической составляющей силы при осадке цилиндрической заготовки на кривошипном прессе. Работа деформации возрастает с увеличением степени деформации

#### Библиографический список

1. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1999. – 222 с.
2. Охрименко Я.М. Теория процессовковки / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин. – М.: Высшая школа, 1977. – 295 с.
3. Корнеев Н.И. Основы физико-механической теории обработки металлов давлением / Н.И. Корнеев, И.Г. Скугарев. – М.: Машгиз, 1960. - 315 с.
4. Дзугутов М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов / М.Я. Дзугутов. – М.: Металлургия, 1971. – 432 с.
5. Рыбин Ю.И. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением / Ю.И. Рыбин, А.И. Рудской, А.М. Золотов. – СПб.: Наука, 2004. – 644 с.
6. Володин И.М. Моделирование процессов горячей объемной штамповки / И.М. Володин. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 253 с.
7. Филиппова М.В. Разработка и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий обработки металлов давлением / М.В. Филиппова, В.Н. Перетяtko, М.В. Темлянцев. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. – 269 с.
8. Моделирование процесса штамповки шара / В. Н. Перетяtko, А. В. Бахаев С. А. Вахман, М. В. Филиппова // Известия вузов. Черная металлур-

гия. – 2008. – № 12. – С. 30–31.

9. Simulation of ball stamping / V. N. Peretyatko, A. V. Bakhaev, S. A. Vakhman, M. V. Filippova // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38, № 12. – P. 971–972.

10. Компьютерное моделирование операций штамповки [Текст] / М. В. Филиппова [и др.] // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации» : материалы инновационного конвента. – Кемерово ; Новокузнецк, 2014. – С. 375–377.

11. Полугорячая штамповка шестерни / М. В. Филиппова [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении. – 2017. – № 4. – С. 171–176.

12. Моделирование безоблойной штамповки из шаровой заготовки / М. В. Филиппова [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 2011. – № 10. – С. 24–27.

УДК 378

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ**

**Коровин Д.Е., Иванов Д.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Грачев В.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Для достижения высокого уровня автоматизации в решении задач разработки систем управления, сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации применяются SCADA-системы.

При модернизации автоматизированных систем управления технологическим процессом следующих обогатительных фабрик: «Антоновская», «Барзасское товарищество» были использованы SCADA-системы Wonderware System Platform 2017 (WSP 2017) и Iconics Genesis32.

В рамках модернизации было необходимо решить проблемы совмещения процесса внедрения обновленной системы диспетчеризации с непрерывным процессом производства.

В WSP 2017 используется механизм NAD (динамическая сетевая разработка приложений), что позволило хранить и модифицировать мастер-копию приложения на центральном узле (станции разработки) и при необходимости обновлять узлы среды исполнения (станции оператора) без перезагрузки приложений на этих узлах (происходит обновление только тех компонентов приложения, которые изменились).

Iconics Genesis32 представляет следующие возможности: полное резервирование OPC-данных, OPC тревог и событий и OPC исторических данных; туннелинг для любых сторонних OPC-серверов и OPC-клиентов; новую

утилиту MonitorWorX, обеспечивающую централизованную диагностику системы и отображающую ее производительность; интеграцию туннелинга в универсальном навигаторе данных; группировку OPC-тегов и построение мостов данных.

Модернизация верхнего уровня САУ ТК ОФ позволяет расширить функциональные возможности системы, повышает удобство, безопасность и эффективность работы оперативно-диспетчерского персонала, организует платформу для создания интегрированной системы класса MES и, как следствие, увеличивает потенциал для дальнейшего развития САУ ТК. В процессе модернизации был использован весь спектр возможностей программного комплекса. Применение данных программных средств позволило в кратчайшие сроки и без значительных затрат произвести модернизацию верхнего уровня АСУ ТП ОФ.

УДК 378

## **МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Андрианов О.Н., Золин И.А., Золин К.А.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Гулевич Т.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Рассматриваются проблемы, связанные с измерением, контролем и регулированием температуры объектов с распределёнными параметрами.

Ключевые слова: температура, распределенный параметр, измерение, контроль, регулирование.

Процесс нагрева характеризуется двумя основными параметрами: температурой и скоростью нагрева. Температурой нагрева заготовки считают конечную температуру поверхности заготовки, которая должна обеспечивать равномерный прогрев заготовки по всему сечению и длине [1].

В реальных системах зачастую пренебрегают такими свойствами объектов как нестационарность и распределенность. А для задач регулирования считают объект стационарным и сосредоточенным, измеряя температуру в одной информативной точке. Качества такого регулирования достаточно для управления современным технологическим процессам, однако технологические процессы, которые будут созданы в ближайшее время, будут требовать повышенного качества регулирования.

Одним из способов решения данной проблемы может стать учет рас-

пределенности и нестационарности объектов. Исследования объектов с распределенной температурой, позволит более точно определить модель распределения температуры, что приведет к повышению достоверности измерений температуры технологических объектов, а значит повысит качество регулирования.

Для решения этого вопроса может служить современная структурная теория распределенных систем. Инструментом моделирования распределенных систем являются вложенные циклы, по крайней мере, двойные внутри цикла «по времени», находится цикл «по пространству» [2].

В качестве примера можно привести современную ТЭЦ, на которой для регулирования подачи топлива в нагревательный котел учитывается лишь температура воды на выходе из котла. Однако дополнительно на каждый виток пароперегревателя установлен датчик для недопущения его перегрева. Этот факт свидетельствует о необходимости учитывать распределенность температуры нагревательных промышленных объектов не только при осуществлении контроля, но и при регулировании.

Для исследования температуры нагревательных объектов на кафедре автоматизации и информационных систем СибГИУ был разработан микропроцессорный учебно-исследовательский комплекс.

Модель внутреннего пространства нагревательной печи представляет собой коробку из пластика, внутри которой находится нагревательный элемент. На задней стенке коробки установлен вентилятор, с помощью которого вносятся контролируемые возмущения.

В качестве нагревательного элемента был взят резистор SQP 20W – постоянный проволочный керамический цементированный резистор, номинальное сопротивление составляет 10 Ом, рассеиваемая мощность – 20 Вт. Резистор представляет собой металлическую спираль, зацементированную в керамический корпус. В связи с тем, что расстояния от стенок резистора до спирали в каждой точке различно, резистор будет прогреваться не равномерно, что позволяет характеризовать его как объект с распределенным параметром.

Данный комплекс также позволяет решать следующие задачи:

1. Разработка и исследования алгоритмов регулирования с учетом распределенности температуры нагревательного объекта;
2. Исследование динамической инерционности датчиков;
3. Регистрация возмущений для нескольких режимов генератора возмущений;
4. Снятия кривой разгона, построение модели ОУ и определения его динамических параметров;
5. Определение динамических параметров кривой разгона;
6. Определение статистических характеристик (среднеквадратического отклонения, дисперсия, гистограммы) переменных, в частности возмущения, для различных вариантов генерирования;



7. Определение статистических характеристик для входных и выходных переменных действующих САР;

8. Определение эффектов возмущающих воздействий расчетным путем, через пересчетную модель, по экспериментальным данным работы САР.

#### Библиографический список

1. Режим нагрева заготовок: [Электронный ресурс]: Пружинно-навивочный завод (ЧПНЗ) – Режим доступа: <http://www.chelmash.com/files/prensa/15.htm>.

2. Бутковский А.Г. Структурная теория распределенных систем: / А.Г. Бутковский. – М.: «Наука» – 1977.– 320 с.

3. Андрианов О.Н., Золин И.А., Золин К.А. Микропроцессорная исследовательская система регулирования температуры на базе Web-технологий: / О.Н. Андрианов. – г. Новокузнецк: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» - 2017.

УДК 004.942

## **РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НОВОГО НЕПРЕРЫВНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЭР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА И ИНСТРУМЕНТА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ**

**Губанов Н., Ходоков А.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Рыбенко И.А.**

*г. Новокузнецк, e-mail: rybenkoi@mail.ru*

В работе представлен метод и инструмент разработки оптимальных режимов металлургических процессов, основанный на решении двухконтурной задачи оптимизации, который реализован в виде инструментальной системы «Инжиниринг-Металлургия». С использованием метода разработаны оптимальные технологии легирования стали оксидными материалами и технологии прямого получения металла в агрегате струйно-эмульсионного типа.

Ключевые слова: метод, оптимизация, инструментальная система, технология, оптимальный режим, ресурсосбережение.

#### *Введение*

Металлургия является одной из самых ресурсоемких отраслей промышленности. Необходимость снижения энергоемкости и материалоемкости металлургической продукции требует как совершенствования традиционных металлургических схем, так и создания принципиально новых процессов и агрегатов. Решение этих задач связано с исследованиями высокотемпературных процессов в сложных термодинамических системах с физико-

химическими превращениями. Поскольку экспериментальные исследования, как правило, являются достаточно дорогими, а зачастую и неосуществимыми, то в этих условиях большое значение приобретает вычислительный эксперимент, который позволяет анализировать состояния и процессы и делать выводы о поведении исследуемых объектов на основании модельных представлений. В связи с этим актуальным является создание методик и инструментальных систем моделирования, открывающих возможности для более эффективной разработки новых металлургических технологий и решения оптимизационных задач.

### ***Метод моделирования и оптимизации металлургических процессов***

Для решения поставленных задач разработан метод, особенностью которого является системное решение комплекса взаимосвязанных оптимизационных задач по определению наилучших условий реализации металлургических технологий и путей достижения этих условий [1 –4].

Метод включает следующие этапы: формулировку цели и постановку задачи, выделение объекта исследования, определение оптимальных параметров металлургических систем, определение оптимальных режимов металлургических процессов и реализацию промышленных экспериментов.

В результате постановки задачи формируются целевые условия, включающие выбор типа металлургического процесса, вида задачи и задание системы критериев оптимизации.

На этапе выделения объекта осуществляется задание параметров входных-выходных потоков, параметров процесса и выделение стадий и подпроцессов. Результатом реализации этапа является набор шихтовых материалов, их расходы, химический состав и температура, диапазоны изменения выхода, химического состава фаз и температур продуктов процесса – металла, шлака, газа, параметры процесса, стадий, подпроцессов и совокупность химических реакций, формирующих металлургическую систему.

На третьем этапе определяются оптимальные параметры металлургической системы – осуществляется выделение областей протекания окислительно-восстановительных процессов, производится оценка конечного равновесного и неравновесного состояния и решается задача оптимизации по определению наилучших условий ее функционирования. Результатом реализации этапа являются границы областей протекания окислительно-восстановительных процессов и оптимальные параметры системы: типы и расходы материалов, температуры, составы газовой фазы и термодинамические показатели.

На четвертом этапе осуществляется разработка металлургической технологии путем нахождения оптимальных режимов и определения путей достижения этих режимов для заданных параметров выходного потока и процесса при оптимизации технико-экономических показателей. Для этого осуществляется разработка и программная реализация математических моделей, проводится исследование металлургического процесса и определяются оп-

тимальные режимы.

На последнем этапе предусматривается проведение промышленных экспериментов для корректировки моделей и отладки технологий.

Таким образом, при реализации метода осуществляется двухконтурная оптимизация путем решения многокритериальных оптимизационных задач двух видов: нахождение параметров системы при определении оптимальных условий протекания процессов и определение оптимальных режимов при реализации металлургических технологий (рисунок 1).



Рисунок 1– Схема решения задачи оптимизации

В рамках первого контура проведены исследования и определены оптимальные условия восстановления металлов из оксидов в модельных системах [5]. Эти задачи решались на основе полного термодинамического анализа систем с использованием программных продуктов «Терра» и «АвтоАстра».

В рамках второго контура разработаны технологии легирования металла для электросталеплавильного процесса и прямого получения металла в агрегате струйно-эмульсионного типа с использованием созданной инструментальной системы «Инжиниринг-Металлургия», представляющей собой комплекс программ, адаптированных для ряда металлургических технологий, и зарегистрированной в Федеральной службе по интеллектуальной

собственности (№ 2017617445).

#### *Инструмент реализации метода*

Инструментальная система «Инжиниринг-металлургия» состоит из блоков, позволяющих в интерактивном режиме вводить исходные данные по расходам, температуре, химическому составу шихтовых материалов и технологическим параметрам процесса, рассчитывать все стадии и подпроцессы, материальный и тепловой балансы, определять энтальпии входных-выходных потоков, рассчитывать активности компонентов фаз, термодинамические характеристики химических реакций, технико-экономические показатели процесса, решать задачи оптимизации, производить многовариантные расчеты и представлять информацию в удобном для пользователя виде. В программе разработаны и используются следующие базы данных: «Химический состав материалов», «Термодинамические свойства индивидуальных веществ (ТСИВ)», «Параметры взаимодействия 1-го порядка», «Атомные параметры», «Термодинамические характеристики реакций фазовых переходов и растворения элементов», «Удельные энергоемкости материалов».

Созданная инструментальная системы «Инжиниринг-металлургия» позволяет осуществлять многовариантные расчеты, поводить исследования и решать задачу оптимизации по различным критериям. Это дало возможность решить большой комплекс задач по совершенствованию существующих технологий легирования стали и разработке новых металлургических технологий прямого получения металла в агрегате струйно-эмульсионного типа СЭР.

#### *Результаты исследований*

*Технология прямого легирования стали в печи никелем с использованием никелевого концентрата*

На основании решения оптимизационной задачи с использованием инструментальной системы предложена технология прямого легирования стали в электропечи окатышами, состоящими из никелевого концентрата и коксика. Получено оптимальное соотношение никелевого концентрата и коксика в окатышах, обеспечивающее максимальную степень восстановления никеля, которое составляет 0,07 кг коксика на 1 кг никелевого концентрата. Определены оптимальные режимы прямого легирования стали никелевыми окатышами, обеспечивающие коэффициент извлечения никеля 98,5 %. Результаты оптимизации технологии использовались при реализации технологии в лабораторных и промышленных условиях при выплавке стали 08(12)X18N10T в дуговой электропечи на ОАО «Сталь НК».

*Технология обработки стали конвертерным ванадиевым шлаком*

Определены оптимальные соотношения и построена номограмма расходов коксика и ферросилиция, необходимых для полного восстановления ванадия из конвертерного ванадиевого шлака при различном содержании пентаоксида ванадия в шлаке [6].

Определены оптимальные условия микролегирования стали ванадием в ковше при различных расходах ванадиевого шлака, восстановителей и раз-

личном содержании углерода в стали. Результаты исследований показали, что преобладающим восстановителем является коксик. Оптимальный расход коксика, обеспечивающий максимальную степень восстановления ванадия для среднеуглеродистой стали составляет 6 кг/т. При этих условиях варьированием расхода конвертерного ванадиевого шлака можно получать различное содержание ванадия в металле.

Результаты расчетов использовались при разработке ресурсосберегающей технологии, реализуемость которой подтверждена лабораторными и промышленными испытаниями в ЭСПЦ ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК».

#### ***Технологии прямого получения металла в агрегате типа СЭР***

С использованием методики и инструментальной системы разработаны следующие технологии в агрегате струйно-эмульсионного типа: прямого получения металла из пылевидных руд и железосодержащих отходов, получения марганцевых сплавов, переработки титано-магнетитовых концентратов и прямого восстановления железа с попутным получением синтез-газа.

В основу нового непрерывного металлургического процесса струйно-эмульсионного типа (СЭР) положена идея реализации принципов синергетики и неравновесной термодинамики, позволившая создать теоретические основы процесса и универсальную конструкцию агрегата, в котором возможно осуществление различных вариантов технологий [7 – 10].

#### ***Технология прямого получения металла из железосодержащей смеси окалина-шлам-руда***

Для заданной производительности опытной установки при расходе смеси 6 кг/с определены оптимальные расходы материалов: расход кокса составляет 6,03 кг/с и кислорода – 5,74 кг/с (4,02 м<sup>3</sup>/с). Этим параметрам соответствует температура 1873 К, степень восстановления железа 96 %, содержание углерода в металле 0,49 %, и содержание оксида железа в шлаке 9,47 %. При этом энергоемкость процесса составила 18 ГДж/т металла. Реализуемость технологии подтверждена результатами экспериментов на опытной установке. Например, в одном из экспериментов при расходах металлосодержащей шихты 6 кг/с, отработанного масла 1,2 кг/с, коксика 0,2 кг/с, ферросилиция 0,3 кг/с, алюминия 0,1 кг/с и извести 0,4 кг/с прямым восстановлением был получен металл с содержанием углерода 0,55 %. Ни в одном из известных процессов прямого восстановления железа получить содержание углерода менее 2 % не удастся.

#### ***Технология переработки мелкофракционных карбонатных и оксидных марганцевых руд***

Для предварительного восстановления марганца из высших оксидов или разложения карбонатов и удаления влаги из руды предлагается использовать восстановительный газ, который является продуктом реализации технологии восстановления марганца в агрегате СЭР, и таким образом замкнуть процесс, то есть создать согласованный поток вещества и энергии, проходящий через основной агрегат СЭР и подготовительный агрегат кипя-

щего слоя. Основная задача расчета предлагаемой технологии заключалась в определении такого расхода сырой руды в агрегате кипящего слоя, чтобы получить заданный выход полупродукта и одновременно обеспечить возможность полного перевода высших оксидов или карбонатов сырой руды в низшие оксиды восстановительным газом, получаемым в основном агрегате. На примере оксидной руды Селезеньского и карбонатной руды Усинского месторождений путем решения задачи оптимизации определены расходы материалов и производительность агрегата, которые позволили замкнуть технологический цикл. Сравнительный анализ вариантов технологий представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ показателей технологии переработки марганцевых руд Селезеньского и Усинского месторождений

Показатель	Селезеньская руда		Усинская руда	
	С предв. восстановлением	Без предв. восстановления	С предв. обжигом	Без предв. обжига
Удельные расходы материалов, кг/т (м <sup>3</sup> /т)				
<i>марганцевая руда</i>	2231,05	2940,7	2738,74	4062,2
<i>уголь</i>	1063,423	4420,7	1363,82	2488,8
<i>силикомарганец (отходы)</i>	111,552	147,0	136,94	203,1
<i>кислород</i>	793,8	3396,6	1035,1	2012,6
<i>природный газ</i>	151,99	200,3	186,58	276,7
Производительность, кг/с	0,45	0,34	0,37	0,25
Энергоемкость, ГДж/т	43,1	97,6	54,6	94,1
Содержание марганца, %	66,17	66,00	77,47	75,00

#### *Технология переработки титано-магнетитового концентрата*

Технология обеспечивает одновременно с выплавкой природно-легированного металла также получение товарного титанистого шлака с содержанием 45 ÷ 50 %  $TiO_2$  и более.

С целью выяснения принципиальной возможности реализации процесса были проведены исследования и определены оптимальные показатели процесса для секундного расхода шихты, кислорода и углеродосодержащих материалов, в целом представляющих собой газовзвесь с объемным газосодержанием порядка 99 % и секундным расходом металлической части шихты 4 кг. Состав металлошихты, включающей титано-магнетитовый концентрат, окалину и шлак конвертерного производства, следующий: 26,8 %  $FeO$ , 46,1 %  $Fe_2O_3$  и 17,5 %  $TiO_2$ . Результаты моделирования показали, что оптимальным является секунднй расход коксика порядка 1,4 ÷ 1,5 кг/с, обеспечивающий максимальное восстановление железа при отсутствии карбидов

титана в металле. Содержание оксида титана в шлаке составляет 43 % (при содержании  $CaO$  – 30 % и  $Al_2O_3$  – 15 %). Путем решения задачи оптимизации проведена оценка технологически допустимых расходов углеродосодержащих материалов и зависимости масс металла и шлака от возможного содержания оксидов железа в шлаке при различном содержании  $CO$  в газовой фазе.

Результаты исследования технологии, полученные с использованием инструментальной системы, легли в основу при выборе состава шихтовых материалов и энергоносителей при реализации процесса на опытной установке.

*Технология прямого восстановления металла с одновременным получением синтез-газа*

Основная задача при разработке технологии заключалась в создании условий для более гибкого управления составом отходящих газов с малой зависимостью от технологии получения металла за счет разделения потоков металла, шлака и газа, а также в обеспечении коррекции состава газа до параметров кондиционного синтез-газа путем совмещения паругольного газификатора с металлургическим агрегатом, что дало возможность создания бездымного энерго-металлургического процесса, так как отходящий газ превращается в товарный продукт.

Для данной технологии была решена задача оптимизации по коррекции состава попутного технологического газа. Определены расходы угля и кислорода, необходимые для получения металла с содержанием углерода 0,50 % и температурой 1873 К при расходе железной руды 1 кг/с, которые составили 0,674 кг/с и 0,382 кг/с соответственно. Выход газа составил 1,06 кг/с. Этот газ в виде газошлаковой эмульсии поступает в шлакоприемник, куда навстречу шлаковому потоку через фурму вдувается пар. За счет тепла шлака пар нагревается с 150 до 700 °С и через решетку вместе с технологическим газом, отсепарированным от шлака и имеющим температуру 1773 К, непрерывно поступает в слой угля в камере коррекции газа, которая осуществлялась за счет кислородной конверсии метана кислородом, подаваемым в камеру через фурмы. В результате решения задачи оптимизации определены расходы угля, пара, природного газа и кислорода, обеспечивающие соотношение  $CO:H_2$  равное 2:3 (строка 3 таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчетов состава газа с применением метана

Управляющие воздействия						Объемный состав газа, %					Отношение $CO:H_2$
уголь, кг/с	пар, кг/с	$CH_4$ кг/с	$O_2$ кг/с	Т, К	масса газа, кг/с	$CH_4$	$CO$	$CO_2$	$H_2$	$H_2O$	
0,3	0,45	0,20	0,20	105 1	2,12	1,09	46,88	4,5 6	43,83	3,64	1,07:1
0,3	0,45	0,25	0,25	105 3	2,22	1,13	45,95	4,2 2	45,13	3,57	1:1
0,3	0,45	0,45	0,25	1006	2,22	2,37	34,13	5,82	51,4	6,26	2:3

*В результате реализации процесса получается удвоенное количество синтез-газа (2,22 кг/с вместо 1,06 кг/с) и его калорийность возрастает с 6432 кДж/кг до 20832 кДж/кг.*

#### *Выводы*

Таким образом, разработан и инструментально реализован в системе «Инжиниринг-металлургия» метод моделирования и оптимизации металлургических процессов, особенностью которого является системное решение комплекса взаимосвязанных оптимизационных задач по определению наилучших условий реализации металлургических технологий и путей достижения этих условий. С использованием метода и инструментальной системы решен ряд задач по определению оптимальных условий осуществления технологий легирования стали никелем и ванадием с использованием оксидных материалов и технологий прямого получения металла в агрегате струйно-эмульсионного типа: прямого получения металла из железорудных материалов, переработки марганцевых руд и титано-магнетитовых концентратов и прямого получения металла с попутным синтез-газом.

#### Библиографический список

1. Рыбенко И. А. Моделирование и оптимизация стационарных режимов металлургических процессов [текст] : монография / И. А. Рыбенко, С. П. Мочалов; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – 168 с.
2. Рыбенко И. А. Применение методики и инструментальной системы расчета металлургических процессов для разработки теоретических основ ресурсосберегающих технологий [текст]: монография / И. А. Рыбенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – 187 с.
3. Рыбенко И. А. Применение инструментальной системы моделирования и оптимизации для разработки теоретических основ технологий легирования и модифицирования стали [текст] / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2017. - № 2. – С. 37 – 43.
4. Рыбенко И. А. Оптимизация технологий в струйно-эмульсионном металлургическом агрегате с использованием методики и инструментальной системы моделирования [текст] / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2017. - № 3. – С. 60 – 65.
5. Рыбенко И. А. Термодинамическое моделирование процессов в элементарных системах [текст] : монография / И. А. Рыбенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – 98 с.
6. Исследование условий процесса восстановления ванадия и железа из конвертерного ванадиевого шлака [текст] / И. А. Рыбенко [и др.] // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2011. - № 4. – С. 3 – 5.
7. Использование принципов самоорганизации и диссипативных структур при создании нового струйно-эмульсионного металлургического процесса [текст] / В. П. Цымбал, В. И. Кожемяченко, И. А. Рыбенко [и др.] // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2015. - Т. 58, № 8. – С. 572 – 577.



8. A new jet-emulsion metallurgical process [text] / V. P. Tsymbal // Steel in Translation, 2015. - Vol. 45, Issue 8, – PP. 550 – 554.

9. Предпосылки и принципы создания самоорганизующегося струйно-эмульсионного реактора [текст] / В. П. Цымбал, В. И. Кожемяченко, И. А. Рыбенко [и др.] // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: тр. IV всерос. науч.-прак. конф. с межд. участием. В 2 ч. Ч. I. ; под общ. ред. В. П. Цымбала, Т. В. Киселевой. – Новокузнецк : Изд. СибГИУ, 2016. – С. 27 – 36.

10. Цымбал, В. П. Нетрадиционный подход к переработке титано-магнетитовых и железомарганцевых руд [текст] / В. П. Цымбал, И. А. Рыбенко, В. В. Павлов // Бюл. Черная металлургия. – 2015. - № 10. – С. 90 – 94.

## V. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 697.341

### ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Дывак В.В.

**Научный руководитель:** канд. техн. наук, доцент Зоря И.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: zorya.i@mail.ru*

В городе Новокузнецке теплоснабжение жилых районов и промышленных объектов осуществляется посредством централизованных систем на базе теплофикации. Наиболее эффективным методом производства тепловой энергии является использование теплоэлектроцентрали, которая одновременно производит тепловую и электрическую энергию

Основными направлениями регулирования расхода тепловой энергии и совершенствования систем централизованного теплоснабжения, которые приводят к значительной экономии тепла, являются :

– осуществление автоматического регулирования расхода тепловой энергии как на центральных тепловых пунктах (далее - ЦТП), так и на вводе в зданиях в индивидуальных тепловых пунктах (далее - ИТП), т. е. автоматизация тепловых пунктов;

– постепенный отказ от ЦТП и перенос оборудования приготовления горячей воды на бытовые нужды в здания

– повышение в связи с этим эффективности автоматического регулирования отопления (фасадное авторегулирование и авторегулирование с коррекцией по температуре внутреннего воздуха, учитывающие индивидуальные особенности здания, оснащение отопительных приборов термостатами – индивидуальными автоматическими регуляторами теплового потока) [1].

Ниже рассмотрим некоторые аспекты изменения схемы централизованного теплоснабжения, связанного с отказом от применения центральных тепловых пунктов и внедрением индивидуальных тепловых пунктов, в результате чего появляется возможность регулирования и учета теплопотребления на каждом конкретном объекте.;

В нашей стране получила широкое распространение система теплоснабжения с ЦТП – групповыми тепловыми пунктами, через которые осуществляется подача тепла по отдельным трубопроводам на отопление и горячее водоснабжение зданий. При этом требуется обеспечить температуру воздуха в квартирах не ниже минимально допустимого уровня (20 °С). При наличии ЦТП часто при жалобах населения на низкую температуру в помещениях не устраняются локальные причины ее возникновения, а увеличива-

ется расход тепловой энергии на все здания, снабжающиеся от данного ЦТП. Это приводит к росту температуры обратной воды, перегрузке головных магистралей и хроническому отставанию в режиме работы концевых потребителей – в результате тепловые сети работают с превышением расчетного расхода воды.

Во избежание этого необходимо осуществлять автоматическое регулирование температуры воды в системе отопления, по графику в зависимости от наружной температуры в местах подключения систем отопления к тепловым сетям.

Рассмотрим переход от групповых тепловых пунктов (ЦТП) к индивидуальным (ИТП), расположенным в отапливаемом здании. Это решение, помимо повышения эффективности авторегулирования отопления, позволяет отказаться от распределительных сетей горячего водоснабжения, а также снизить потери тепла при транспортировке и расход электроэнергии на перекачку бытовой горячей воды. Перенос центров приготовления горячей воды на бытовые нужды ближе к ее потреблению (в здание), ликвидация благодаря этому ЦТП и внутриквартальных сетей горячего водоснабжения не только повышает качество снабжения горячей водой жителей, но и эффективнее, решения с ЦТП как по капиталовложениям, так и по эксплуатационным затратам, поскольку в этом случае уменьшаются теплопотери, расход электроэнергии на перекачку и циркуляцию горячей воды, а также повышается эффективность авторегулирования отопления.

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 06.05.2011 №354 (ред. от 27.03.2018) «О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов», допустимое снижение нормативной температуры воздуха в жилых помещениях в ночное время суток (от 0.00 до 5.00 часов) - не более 3°C. В городе Новокузнецке снижение температуры воздуха допускается до 17°C.

Формула для определения тепловой нагрузки на отопление, учитывающая ночное снижение нормативной температуры воздуха в жилых помещениях:

$$Q = q_0 \cdot a \cdot V_{\text{н}} \cdot \left[ \frac{5}{24} (t_{\text{вн}} - 3 - t_{\text{нр}}) + \frac{19}{24} (t_{\text{вн}} - t_{\text{нр}}) \right], \text{ ккал/час}$$

где  $q_0$  - удельная тепловая характеристика.

$a$  - поправочный коэффициент.

$t_{\text{вн}}$  – внутренняя температура здания.

$t_{\text{нр}}$  – расчетная температура наружного воздуха.

$V_{\text{н}}$  - объем здания по наружному диаметру.

Сравнив значения тепловой нагрузки с учетом ночного снижения температуры и без снижения, получаем экономию около 1% потребляемой тепловой энергии. В расчете на один многоквартирный дом на 120 квартир, получаем экономию 15тыс. рублей в год. Ночное снижение температуры рационально рассматривать как дополнение к установке системы автоматическо-

го погодного регулирования в индивидуальном тепловом узле многоквартирного дома.

Исходя из всего вышесказанного, в выпускной магистерской работе будет просчитана энергоэффективность замены ЦТП на ИТП, а также будет произведен расчет срока окупаемости капитальных вложений.

#### Библиографический список

1. Экономические аспекты внедрения индивидуальных тепловых пунктов. Электронный ресурс.– режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=3582](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3582).

УДК 725.87

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДНЫХ АТТРАКЦИОНОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АКВАКОМПЛЕКСА В СТРУКТУРЕ ГИДРОПАРКА**

**Карташева Е.С.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ершова Д.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: kartashiova95@mail.ru*

В данной статье приведены и проанализированы примеры водных аттракционов основного функционального блока аквакомплекса.

Ключевые слова: аквакомплекс, гидропарк, аквапарк, водные горки, аттракционы

Актуальность темы статьи связана с тем, что аквапарки, в отличие от традиционных плавательных бассейнов, имеют более свободный режим посещения и разнообразное функциональное наполнение и оборудование. Использование качественного, безопасного и востребованного оборудования увеличивает его многофункциональность, что в свою очередь обеспечивает разнообразие в проведении водно-развлекательных мероприятий.

Целью данной статьи является обзор различных водных аттракционов с твердой трассой спуска и предоставление разработанных вариантов на основе рассмотренного материала.

Изучение водно-развлекательных комплексов показало, что данные сооружения сочетают в себе устройства для отдыха на воде и развлечений, включая плавательные и игровые бассейны, водные аттракционы для детей и взрослых.

Для обзора водных горок автором разработана таблица 1, которая даёт представление об аттракционе, описывает размеры и способ спуска.

*Оборудование аквапарка*

Водные горки: с твердой трассой спуска, надувные;

Аттракционы для плавания в потоке воды («Ленивая река», «Бурный поток»);

Интерактивные аттракционы – приводимые в действие напором воды или приводимые в действие нагнетанием воздуха;

Бассейны: спортивный, волновой, бассейн для детей, бассейн для спокойного плавания [1]

Для обзора водных горок автором разработана таблица 1, которая даёт представление об аттракционе, описывает размеры и способ спуска.

Рассмотрев виды горок можно сделать вывод о том, что водные аттракционы обязательный элемент любого аквапарка и об объекте судят по тому, какие в нем аттракционы и сколько их.

При проектировании рекомендуется учитывать угол наклона, высоту, радиус поворота, вариант трассы спуска, вид (открытый, закрытый или комбинированный), так как это влияет на безопасность, скорость и время спуска. Чем выше верхняя точка трассы спуска и меньше угол наклона, тем сильнее уменьшается время спуска и увеличивается скольжение, что делает её более экстремальной.

Рекомендуется предусмотреть развлекательное оборудование для детей, для любителей экстрима, для семейного спуска, и одиночного спокойного плавания, при этом целесообразно учитывать «новые версии» водных горок. Необходимо расположить детскую зону отдельно от экстремальных аттракционов, ограничить доступ детям к экстремальным объектам планируемыми условиями.

Таким образом, разработаны варианты сочетания аттракционов для спуска в воду для аквапарка:

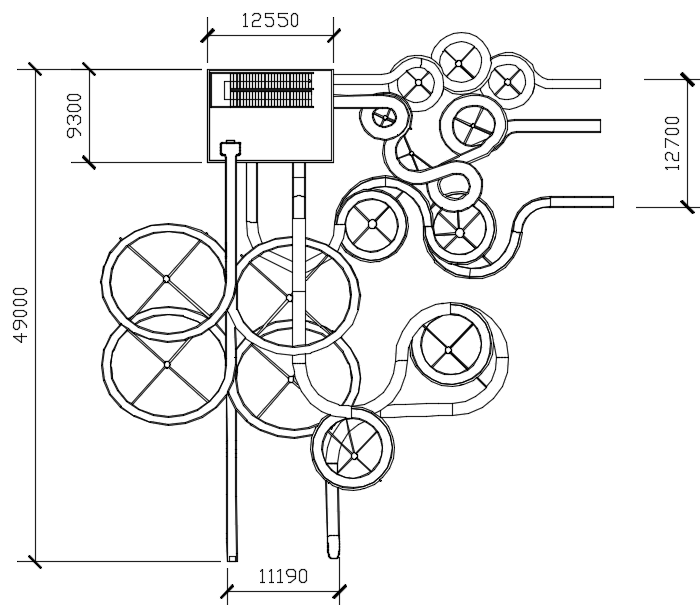








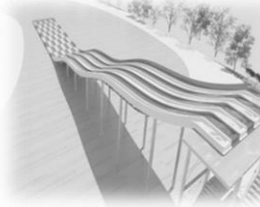


Рисунок 1 – Вариант сочетания водных аттракционов для аквапарка №1

Таблица 1- Водные горки с твёрдой трассой спуска





Название	Описание	Способ спуска	Размеры	Пример
<b>Открытая горка</b>	Горка с многочисленными вертикальными наклонами и поворотами	Руки за шейей, локти вместе. Скольжение на спине или в положении сидя.	700 × 1000 мм, Длина: 30 – 150 м	
<b>Горка «Ковер-Самолет»</b>	Скольжение средней скорости, Одновременный спуск нескольких человек.	Скольжение в положении сидя с ногами врозь.	Длина: 10 – 40 м	
<b>Горка «Камикадзе»</b>	Скоростная горка с крутым спуском, каскадами нисходящая к бассейну.	В положении сидя с руками на коленях.	700 x 1000 мм, Длина: 20 - 70 м	
<b>Горка «Радуга»</b>	Горка со скольжением средней скорости, оформленная в виде радуги.	В положении сидя с ногами врозь.	500 x 2500 мм и 500 x 3500 мм, Длина: 10 - 40 м	
<b>Горка «Буги-вуги»</b>	Экстремальный спуск в воду.	Предоставляется 105-сантиметровая лодка для двоих. Рекомендуется крепко держаться за поручни лодки.	_____	

Продолжение таблицы 1

Горка «Фантом»	Скоростная горка.	Скольжение в положении лежа с руками за шей, локти вместе.	700 × 1000 мм, Длина: 20 - 70 м	
Горка «Высотный фантом»	Очень крутая и скоростная горка.	В положении лежа на спине с руками за шей. Колени вместе.	700 × 1000 мм, Длина: 20 – 60 м	
Горка «Твистер»	Винтообразная труба, которая ведёт непосредственно в бассейн.	В положении лежа на спине с руками за шей, колени вместе	ø 825 мм, Длина: 20 – 70 м	
«Мультигорка»	Четыре участника начинают спуск одновременно, соревнуясь между. Специальные подушки делают усиливают гонку.	Ноги расставлены по ширине трубы, корпусом вперед.	4 × 500 × 700 мм, Длина: 20 – 60 м	





Продолжение таблицы 1

216

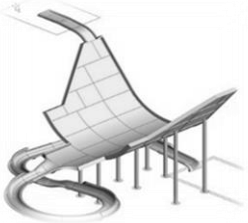



<p><b>Горка «Сплавление (Рафтинг)»</b></p>	<p>Сплавление на лодках по искусственно созданному течению</p>	<p>Рекомендуется крепко держаться за поручни лодки.</p>	<p>700 × 1400 мм, Длина: 50 – 150</p>	
<p><b>Горка «Черная дыра»</b></p>	<p>Скоростная горка, для любителей темноты и неожиданных поворотов.</p>	<p>Предоставляются лодки на одного, двух и трех человек. Рекомендуется крепко держаться за поручни лодки.</p>	<p>ø 1400 мм, Длина: 50 – 150 м</p>	
<p><b>Горка «Большая дыра»</b></p>	<p>Аттракцион имеет достаточно большой диаметр, что позволяет катание всей семьей на лодке.</p>	<p>Предоставляются лодки для одного, двух и трех человек. Следует крепко держаться за поручни лодки.</p>	<p>ø 2000 мм, Длина: 70 -200 м</p>	
<p><b>Горка «Бешеная река»</b></p>	<p>Лодку течением реки перемещает из стороны в сторону, тем самым впечатляя посетителей.</p>	<p>Лодки для гонки на четверых человек вниз по горке. Следует крепко держаться за поручни лодки.</p>	<p>800 × 2300 мм, Длина: 80 – 150 м</p>	



Продолжение таблицы 1

<p><b>«Семейные горки»</b></p>	<p>Три или четыре человека в надувной лодке осуществляют спуск.</p>	<p>Предоставляется лодка на четверых человек диаметром 160см. Следует крепко держаться за поручни лодки.</p>	<p>—————</p>	
<p><b>Горка «Туннель»</b></p>	<p>Спуск по темному туннелю.</p>	<p>Руки за шей, локти вместе.</p>	<p>Ø 12000 мм Туннель: Ø 825 мм</p>	
<p><b>Горка «Высокий холм»</b></p>	<p>Спуск - падение человека в лодке, вертикально вниз с высоты приблизительно 15 метров. Является экстремальным спуском.</p>	<p>Предоставляется лодка на одного человека диаметром 120 см. Следует крепко держаться за поручни лодки.</p>	<p>Ширина устья: 24000 мм, Высота: 15000 мм, Ширина: 14000 мм, Скат в бассейн: 500 × 2500 мм</p>	
<p><b>Горка «Малый холм»</b></p>	<p>Спуск - падение двух человек в лодке с высоты пятиэтажного здания.</p>	<p>Предоставляются лодки на одного и двух человек. Нельзя отпускать поручни лодки. Следующий спуск возможен только после того, как лодка убрана</p>	<p>Ширина устья: 24000 мм, Высота: 14000 мм Ширина 3500 мм</p>	

Окончание таблицы 1

<p><b>«Крыло Экстра»</b></p>	<p>Модификация популярного аттракциона «Крыло» (SideWinder) с добавлением классической открытой водной горки, финиширующей в бассейне.</p>	<p>Катание производится на надувных одноместных или двухместных плотах.</p>	<p>_____</p>	
<p><b>«Супер Бомбул»</b></p>	<p>Представляет собой огромную воронку, куда после спуска попадает посетитель.</p>	<p>Предназначен для катания на надувных одноместных, двухместных плотах.</p>	<p>_____</p>	
<p><b>«Фамили Бумеранго»</b></p>	<p>Экстремальный аттракцион с многочисленными поворотами и резкими спусками.</p>	<p>При катании положение тела - лежа, руки скрещены на груди.</p>	<p>_____</p>	
<p><b>«Водная петля».</b></p>	<p>Горка из прозрачного материала. Спуск осуществляется в капсуле с высоты 17 метров.</p>	<p>Полет длится всего 7 секунд, и эту скорость человек достигает всего за 2 секунды. При катании положение тела- лежа, руки скрещены на груди.</p>	<p>_____</p>	

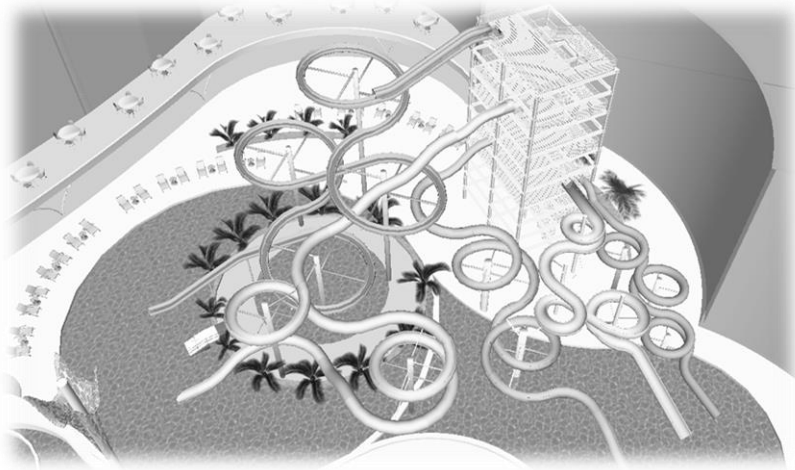


Рисунок 2– Водные аттракционы с твёрдой трассой спуска №1

В представленном варианте предлагается применение таких водных аттракционов, как «Твистер», «Чёрная дыра», «Большая чаша», «Малый холм», так как данные водные аттракционы подойдут для любителей экстрима.

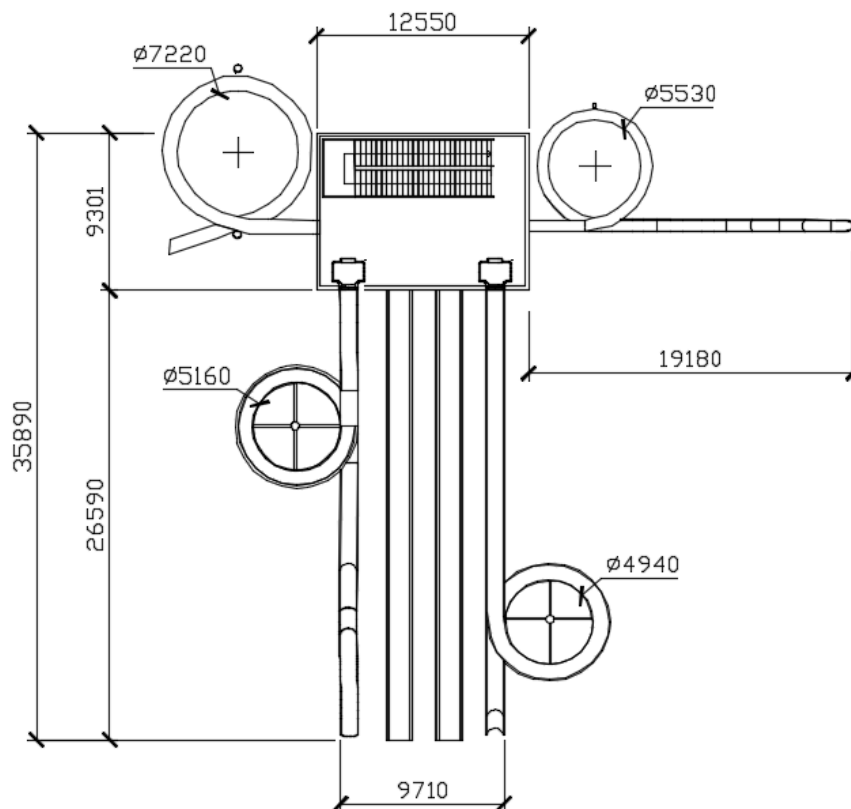


Рисунок 3 – Вариант сочетания водных аттракционов для аквапарка №2

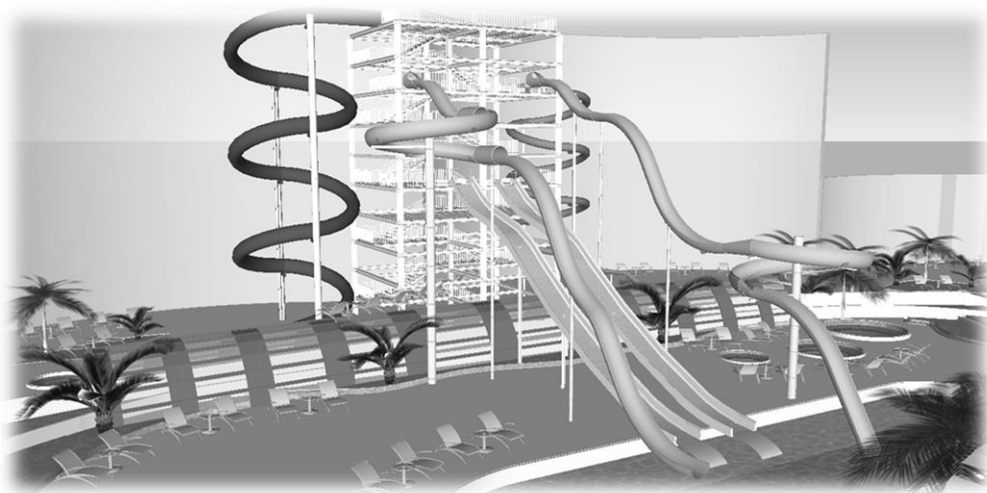


Рисунок 4— Водные аттракционы для аквапарка с твёрдой трассой спуска №2

В выше представленном варианте для аквапарка рентабельны такие горки как: «Открытая горка» - предусматривается для того, чтобы человеку при спуске возможно было ориентироваться в пространстве, что помогает адаптироваться к развлекательным аттракционам. «Ковёр – самолёт» и «Радуга» - подойдут для семейного катания, так как оборудование предусматривает спуск при средней скорости как одного, так и нескольких человек одновременно. «Мульти-горка» – аттракцион, подходящий для желающих соревноваться.

В качестве материала для водных аттракционов с твёрдой трассой спуска применяется пластик, он является самым распространённым. Материал многослойный, имеет армированные элементы. Изготавливается на базе эпоксидных смол с нанесением глянцевого покрытия сверху.

Трасса спуска водной горки состоит из отдельных секций, которые соединяются между собой болтами из нержавеющей стали. Края секций должны быть выполнены очень качественно, так как это влияет на безопасность и впечатление во время катания. Стыки должны быть герметичны и не ощутимы при эксплуатации.

Таким образом, важной задачей при проектировании является создание рекреационной среды, которая удовлетворит потребности различных групп посетителей, а также создание безопасного и востребованного оборудования для водных развлечений.

#### Библиографический список

1. Бакшеева Е. Е. Автореферат Архитектурно-рекреационная среда аквапарков закрытого типа [Электронный ресурс] // <http://dislib.ru> .- 2011.- Режим доступа: <http://dislib.ru/stroitelstvo/9672-1-arhitekturno-rekreacionnaya-sreda-akvaparkov-zakritogo-tipa.php>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

**Колмакова Т.А.**

**Научный руководитель: Захарова Н.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: zakharovanat@yandex.ru*

В статье рассмотрены общие понятия и определения сметной стоимости строительно-монтажных работ.

Ключевые слова: методы определения сметной стоимости, смета, прямые затраты, накладные расходы, сметная прибыль, индексы на ресурсы.

Для определения стоимости строительной продукции составляется сметная документация, которая входит в состав проекта организации строительства. Первичным сметным документом является локальная смета, которая составляется на отдельные виды работ и затрат. На основе расчета локальной сметы определяется сметная стоимость строительно-монтажных работ, которая включает прямые затраты (ПЗ), накладные расходы (НР) и сметную прибыль (СП):

$$C_{СМР} = ПЗ + НР + СП$$

Прямые затраты – затраты, непосредственно связанные с выполнением строительно-монтажных работ. Прямые затраты определяются исходя из сметных норм и цен на применяемые ресурсы и объемов выполняемых работ.

Прямые затраты включают:

- заработную плату основных рабочих ( $Z_0$ );
- стоимость эксплуатации строительных машин и механизмов включая заработную плату рабочих-машинистов ( $C_{ЭММ}$ );
- стоимость материалов, изделий, конструкций ( $C_M$ ).

$$ПЗ = Z_0 + C_{ЭММ} + C_M$$

Накладные расходы – расходы, связанные с организацией и управлением строительным производством, а также с созданием общих условий на строительной площадке.

Сметная прибыль - прибыль подрядной организации. К затратам относимым на сметную прибыль относятся: уплата налога на прибыль организаций, затраты на развитие производства и материальное стимулирование сотрудников.

Стоимость работ, определяемая в сметной документации, может быть приведена в двух уровнях цен:

- базисный – уровень цен, определенных на какую-то конкретную дату

(01.01.2000 г.);

- текущий – уровень цен, определяемый на основе фактических цен, действующих на момент расчета.

Основанием для расчета локальной сметы является рабочая документация, включая чертежи, ведомости объемов строительных и монтажных работ, спецификации, решения по организации строительства и методам производства работ, а также действующая сметно-нормативная база системы ценообразования в строительстве.

Сметная стоимость строительно-монтажных работ может быть определена различными методами (рисунок 1).

Ресурсный метод – калькулирование в текущих ценах и тарифах ресурсов (затраты труда рабочих, время эксплуатации машин и оборудования и расход материалов), необходимых для реализации проектного решения, основан на применении ГЭСН и фактических цен на применяемые ресурсы. Ресурсный метод является наиболее точным методом определения сметной стоимости строительной продукции и трудоемким, рекомендуется для любой из стадий разработки проектно-сметной документации.

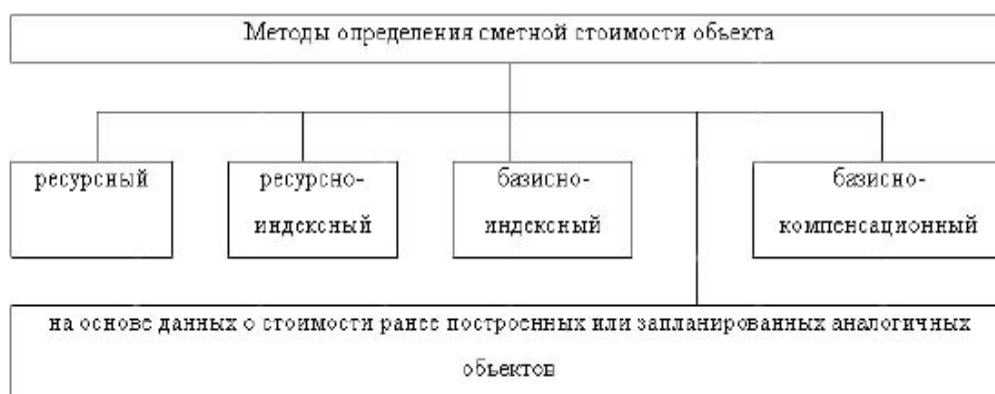


Рисунок 1 – Методы определения сметной стоимости

Ресурсно-индексный метод предполагает дополнительное использование индексов цен на ресурсы, используемые при осуществлении строительства, может сочетать в себе способы ресурсного и индексного методов. Например, в смете стоимость материалов может быть просчитана в действующих ценах, а заработная плата рабочих и другие показатели могут быть рассчитаны с применением индексов на ресурсы.

Базисно-индексный метод основан на применении единичных расценок и системы текущих и прогнозных индексов по отношению к стоимости строительства, определенной в базисном уровне.

Индексы изменения стоимости в строительстве – это отношение текущих стоимостных показателей к базисным на сопоставимые ресурсы. Индексы на ресурсы рассчитываются центрами по ценообразованию в строительстве в каждом субъекте Российской Федерации.

Метод применения банка данных о стоимости аналогичных построенных

объектов. Этот метод может быть использован на ранних стадиях инвестиционного процесса при выборе проекта строительства и для проведения ориентировочных расчетов по определению необходимого размера инвестиций [2].

Базисно-компенсационный метод - это суммирование стоимости, исчисленной в базисном уровне сметных цен, и дополнительных затрат, связанных с ростом цен на используемые ресурсы, с уточнением указанных расчетов в процессе строительства в зависимости от реального изменения цен.

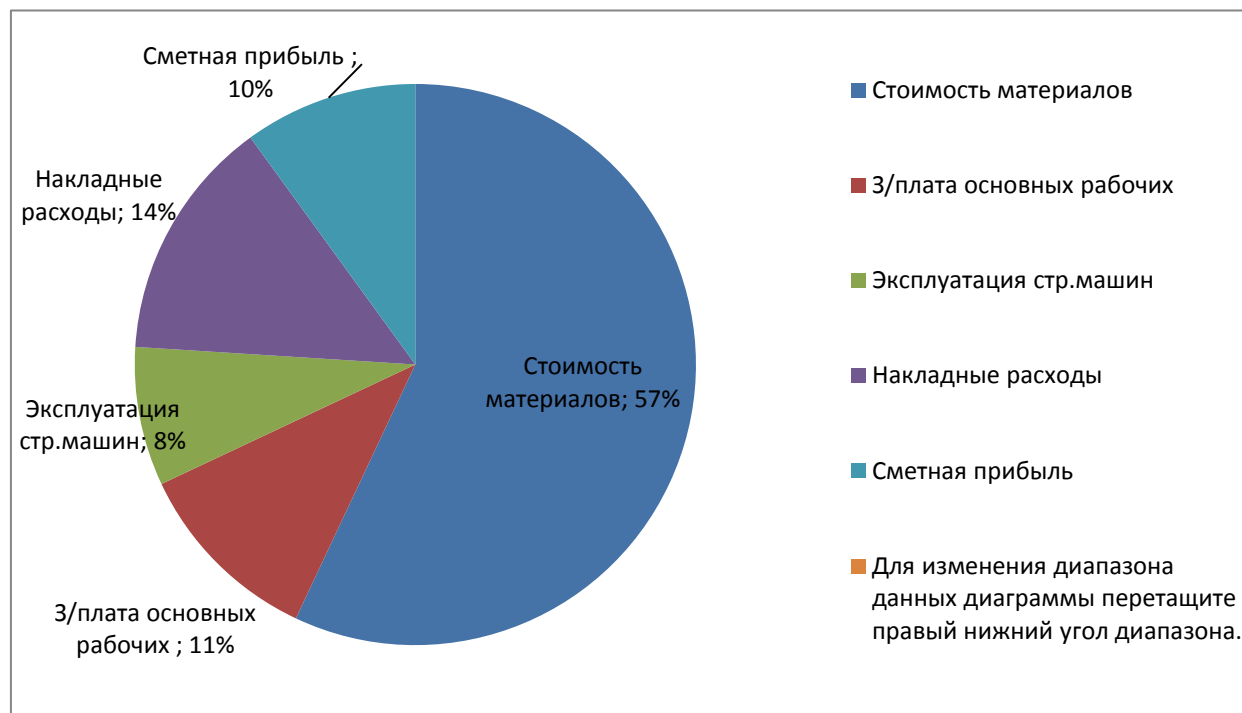


Рисунок 2 – Структура сметной стоимости строительно-монтажных работ

Особенностью ценообразования продукции строительства является ее высокая материалоемкость строительной продукции, что обуславливает необходимость систематически отслеживать цены на строительные материалы и определять, как они влияют на себестоимость, а, следовательно, и на цену строительной продукции [3], это подтверждается структурой сметной стоимости строительно-монтажных работ, где более 50 % затрат приходится на стоимость строительных материалов и изделий, на долю затрат на оплату труда основных рабочих – 10-17 %, затраты на эксплуатацию строительных машин составляют 5-10 %, накладные расходы – 12-20 %, сметная прибыль – 8-12 %.

На рисунке 2 представлена диаграмма структуры сметной стоимости строительно-монтажных работ пятиэтажного кирпичного жилого дома. Диаграмма составлена по данным расчета локальной сметы базисно-индексным методом.

#### Библиографический список

1. Основы ценообразования и сметного дела в строительстве [Электронный ресурс] : Учебник / Ермолаев Е.Е., Шумейко Н.М., Сборщиков С.Б.

- М.: Издательство АСВ, 2009.

2. Зосимов А.С., Захарова Н.В. Определение стоимости строительства на основе базы данных по объектам-аналогам // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Под общей редакцией Л.П. Мышляева; СибГИУ. – Новокузнецк, 2010. - Вып.14. Ч.IV. Технические науки. с. 103-105.

3. Касьянова А. Ю. Особенности ценообразования в строительстве / А. Ю. Касьянова ; науч. рук. Н. В. Захарова // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 1-3 июня 2016 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – Вып. 20. – Ч. 5 : Технические науки. – С. 29-31. – Библиогр.: с. 31 (2 назв.). – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 728.011.27:699.841

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ**

**Незавитина Е.И.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Панов С.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Описаны основные требования для проектирования высотного здания в сейсмическом районе: обеспечение несущей способности и устойчивости несущих и ограждающих конструкций; минимального расход стали и других материалов; минимальной трудоёмкости монтажных работ. Рассмотрены вопросы возведения монолитных железобетонных плит перекрытия и сборных ограждающих конструкций. Для несущих конструкций использована программа «ЛИРА».

Ключевые слова: проектирование, многоэтажное здание, сейсмичность, фундамент, металлический каркас, железобетон, плита, колонна.

Основным показателем целесообразности использования металлических каркасов является меньший расход металла на 1м<sup>2</sup> жилой площади по сравнению с железобетонным каркасом. Минимальных показателей можно достичь при оптимальном выборе сетке колонн, назначения сечений колонн с максимально возможными геометрическими характеристиками при минимальной площади сечения. Например, при сетке колонн 6х6 м сокращается не только расход металла, но и можно обеспечить более «подвижную и комфортную» планировку, по сравнению с более частым шагом. Важно совместное использование железобетонных монолитных плит и стальных балок металлического каркаса, которые воспринимают действие вертикальных нагрузок.



Надёжную работу металлического каркаса в целом на действие горизонтальных сейсмических усилий обеспечивают конструкции нулевого цикла. При грунтах III категории по сейсмичности рекомендуется принимать фундамент в виде монолитной железобетонной плиты на свайном основании под всю площадь здания. Для сейсмоопасных районов необходима проверка основания на возможность поворота здания за счёт образования пластического шарнира в грунте под остриём сваи. В случае недостаточной несущей способности основания необходимо увеличить площадь плиты и свайного поля.

Крепление баз металлических колонн к фундаменту имеет также некоторые особенности. Анкерные болты рассчитываются и устанавливаются также как и для несейсмичных зданий, а вот для восприятия горизонтальных сейсмических усилий в колоннах со связями устанавливаются вертикальные “ерши” к которым приваривается плита базы колонны. Как правило, “ерши” выполняются из швеллера, глубина заделки и номер которого зависит от горизонтальных усилий.

Колонны каркаса предпочтительно выполнять квадратного сечения, сваренных из листов. Для такого сечения проще обеспечить равноустойчивость от действия вертикальных нагрузок, а также намного упрощаются конструктивные решения шарнирного сопряжения балок перекрытия к колоннам.

Горизонтальные нагрузки от действия сейсмических усилий и ветра воспринимаются вертикальными связями, которые необходимо устанавливать симметрично относительно центра тяжести здания на всю его высоту. Эти нагрузки передаются на связевые блоки через горизонтальные железобетонные монолитные перекрытия. Связи предпочтительно выполнять квадратного сечения. Вид связи (крестовая, V образная, порталная), зависит от расстояния между связевыми колоннами. Предпочтительно назначать крестовые связи. Расчётным принимать элементы связи работающие на растяжение при этом исключать элементы связи работающие на сжатие. В статический и динамический расчёт рамы в этом случае включать одну из крестовых связей. Для V образных связей расчётными являются элементами связи работающие на сжатие. Количество связевых блоков назначается не менее двух в одном направлении. Окончательное количество связевых блоков определяется расчётом. Изображение узла крепления связи к колонне представлено на рисунке 1.

Современные методы статического и динамического расчёта каркасов здания любой сложности реализованные на базе методов конечных элементов позволяют получить расчётные усилия для каждого элемента здания на действие основного и особого сочетания нагрузок. Для этих целей используются программные комплексы семейства ЛИРА, а также WIN – STARK. Для любого программного комплекса создаётся пространственная модель с указанием типов конечных элементов, типы жесткостей, установка связей, схемы нагружений на действие постоянных длительно действующих и кратковременных нагрузок, а также расчётная схема ветровых нагрузок с учётом пульсации и

динамическая расчётная схема на действие сейсмических нагрузок.

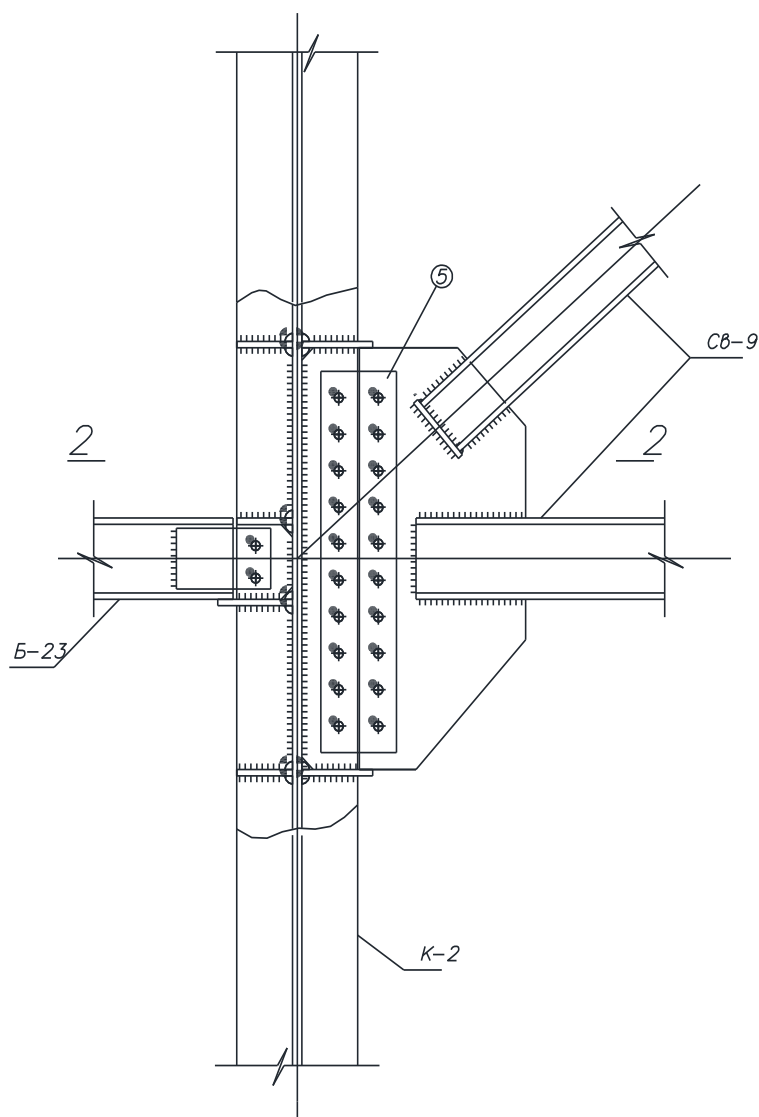


Рисунок 1 – Узел крепления связи к колонне

В работе применен программный комплекс ЛИРА 9.4, так как она позволяет получить расчётные значения арматуры для железобетонных плит перекрытий и плиты свайного ростверка, а также проверить или пересчитать конечные элементы металлических конструкций.

Особые требования предъявляются к устройству ограждающих конструкций. При сейсмических воздействиях на каркас здания ограждающие конструкции не должны препятствовать перемещениям элементов каркаса и в тоже время полностью выполнять требования защиты помещений от внешних воздействий и теплозащиты.

В современной практике данным требованиям удовлетворяют ограждающие конструкции из сборных железобетонных стеновых панелей толщиной 120мм облицованные элементами конструкций вентилируемого фасада с

утеплителем, которые предлагаются для проектируемого жилого здания (рисунок 2). Железобетонные стеновые панели опираются на выступы плит перекрытия с зазором между колоннами. К колоннам стеновые панели крепятся гибкими связями. Зазоры между стеновыми панелями заделываются упругими прокладками.

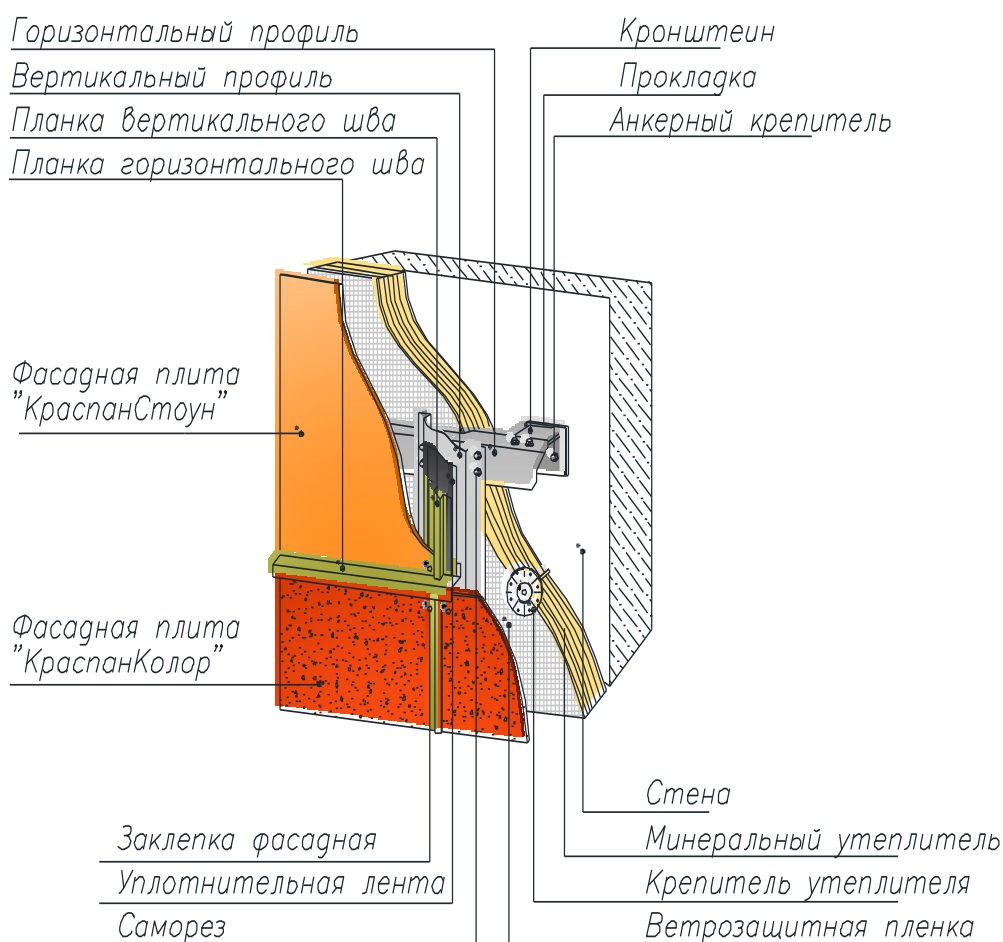


Рисунок 2 – Узел крепления фасадной системы «Краспан»

Перегородки предлагается выполнить с использованием каркасов облицованных гипсокартонном и монтируются с определёнными зазорами между каркасом и колонной, обеспечивающих свободную работу каркаса.

Лестничные и лифтовые шахты каркасного многоэтажного здания устраиваются как встроенные конструкции с поэтажной разрезкой, не влияющие на жесткость каркаса при сейсмических воздействиях.

Итак, на данный период решены многие проблемы проектирования и возведения высотных сейсмостойких зданий с металлическим каркасом. Компьютерные технологии позволяют с достаточной точностью выполнить моделирование и расчёт высотных зданий на любые воздействия нагрузок, в том числе и сейсмических.

Современное развитие стройиндустрии, наличие мощной и разнообраз-

ной строительной техники, а также современных технологий возведения различных зданий и сооружений, успешно решают проблемы высотного строительства. Наличие на строительном рынке большого количества отделочных строительных материалов позволяют выполнять архитектурное оформление фасадов зданий с учётом современных требований. Свободная планировка квартир и отделка внутренних интерьеров квартир решают проблему удовлетворения требований будущих жильцов.

Высотные жилые здания с металлическим каркасом оправдывают себя для строительства в городской черте с плотной застройкой, создавая современный архитектурный облик проспектов и улиц городов.

#### Библиографический список

1 Шерешевский И.А. «Конструирование гражданских зданий» - Л.: Стройиздат, 1981г.-176с.

2 Свод правил СП14.13330.2014 «СНиП II-7-81\*. Строительство в сейсмических районах» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 18 февраля 2014 г. №782)

3 Свод правил СП 118.13330.2012 «СНиП 3106-2009. Общественные здания и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. №635/10) (с изменениями и дополнениями)

УДК 69.003:004.9

## **ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО РАСЧЕТУ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

**Ногина Д.Н.**

**Научный руководитель: Захарова Н. В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: zakharovanat@yandex.ru*

В статье описывается история появления и развития сметного дела, приведен обзор наиболее популярных программных комплексов для составления проектно-сметной документации.

Ключевые слова: смета, комплекс, программа, сметное дело, расценки, нормативная база, интерфейс.

Производственное нормирование берет своё начало в девятнадцатом веке. В 1811 году был разработан «Урочный реестр по части гражданской архитектуры, или описание разных работ, входящих в состав каменных зданий, с показанием, какие именно при оных встречаются и сколько полагается на производство их вольнонаемных и рабочих людей», позже был издан

справочник по военным работам. Эти документы содержали нормы расхода транспортных средств, материалов и рабочей силы. «Строительный устав», выпущенный в 1837 году содержал рекомендации обязательные к применению при проектировании. 1 января 1955 года было введено в действие первое издание строительных норм и правил, состоящее из четырех частей. Это принесло значительные изменения в сметное дело. В состав СНИП вошли элементные сметные нормы, разработанные с использованием принципов укрупнения. На основе ЭСН и ресурсных цен сформированы сборники единых районных единичных расценок на строительные и монтажные работы. В начале шестидесятых годов были разработаны укрупненные сметные нормы и расценки. В 1984 году вышла сметно-нормативная база, которая стала самой обширной по содержанию норм и расценок.

До появления автоматизированных программ составление смет было очень трудоемко. Специалисты вручную считали сметы, что приводило к большому количеству ошибок. Количество квалифицированных сметчиков было значительно меньше, нежели в наше время. От них требовалось повышенное внимание и высокий профессионализм.

АВС – первая сметная программа, которая использовалась еще до времен «перестройки».

С её появлением работа со сметной документацией упростилась: комплекс уже содержал все необходимые нормативные базы, индексы пересчёта сметной стоимости и коэффициенты. Функция автоматической проверки расчётов и возможность выводить готовую смету на печать значительно сократило время создания смет.

В постановлении Госстроя РФ от 13 ноября 2003 года N НК-7360/10 «Об автоматизированных программах сметных расчетов» приводится перечень программ, рекомендуемых к использованию для проверки проектно-сметной документации и первичной учетной документации в строительстве, финансирование которого производится за счет средств федерального бюджета. В этот список входят АВС - 4 РС; Гектор: Сметчик-строитель; Гранд-СМЕТА. Одновременно сообщается, что, учитывая требования п.1 ст.7 Закона РСФСР от 22.03.91 N 948-1 "О конкуренции и ограничении монополистической деятельности на товарных рынках", решение о практическом применении конкретного программного продукта из числа существующих должно приниматься потребителем самостоятельно. Рассмотрим самые распространенные программы.

Программный комплекс Гранд – Смета вышел на рынок в 1992 году, на данный момент является одной из самых популярных программ для составления проектно - сметной документации. Количество обновлений в год колеблется от трех до шести. Разработчик — группа компаний «ГРАНД». Интерфейс стилизован под Office 2007, возможна настройка цветовой схемы, также пользователь может сам внести изменения в настройки ленты. Использование программы облегчено до минимума, структура проста и понят-

на. Существенным плюсом является поиск необходимой расценки в нескольких сборниках не только по обоснованию, наименованию и по составу работ. В качестве своего маркетингового преимущества разработчики предлагают каждому клиенту доработку базовой версии под его нюансы учёта; нормативная часть чётко соответствует СНиП, а наполнение информационной базы идет с учётом регионов применения. В программе возможно создание наборов коэффициентов, индексы не требуют установки. Сметы можно импортировать из форматов excel, xml, word, apr. Гранд - Смета не укомплектована СНиП 1991 года и нормативами 1984 года для Москвы, но это не влияет на использование программы в регионах. Стоимость программы и её обновлений выше по сравнению с аналогами, имеется мобильная версия.

Программный комплекс «WinРИК» начинает свою историю с 1988 года и имеет сертификат соответствия № РОСС RU.СП11.Н00133. Разработчики программы «РИК» были в числе победителей конкурса на разработку компьютерного программного обеспечения, на котором «Smeta.RU» создана в 1995 году группой компаний «СтройСофт» и является усовершенствованной версией "Смета 2000". Количество обновлений в год – от четырех до шести. Персональные доработки под заказчика осуществляет разработчик и партнерские организации, можно выбрать для покупки только определённые справочники. Эргономичный интерфейс и разноплановый и гибкий поиск по всему объёму сметной документации и справочных данных позволяет эффективно работать с большими объемами сметной информации. Для экономии времени при корректировке объемов и цен можно использовать Excel, не заходя в программу. К достоинствам «Smeta.RU» приписываются возможность наглядно отслеживать процесс выполнения работ и формировать КС-6. Программа позволяет составлять сметы в многопользовательском режиме по локальной сети. Имеется возможность импорта смет из форматов excel, xml, apr. Проверка смет происходит по формальным признакам, как сравнение с нормативной базой, индексами, поправками, текущими ценами. Есть интеллектуальное сравнение объектов.

ом будут создаваться нормативы 2001 года. Программный комплекс РИК поставляется в шести вариантах, в зависимости от вида сметного расчёта и функционала. Возможности индивидуальных доработок программы и внесения изменений в интерфейс под заказчика – нет. До двух обновлений в год. Импорт смет происходит из различных форматов excel, xml, АРПС. Быстрый поиск норматива или расценки с предложением вариантов. Выводятся всплывающие подсказки. Все коэффициенты и начисления, применимые к расценкам отображаются.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПОДБОР СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ НАУЧНО - ДОСУГОВОГО КОМПЛЕКСА В Г. БЕЛОКУРИХА**

**Архипов А.А.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Панова В.Ф.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В работе описано основное назначение научно-досугового комплекса, для внешнего представления комплекса приведены план на отм.  $\pm 0,000$  и фасад в осях 1-20, описано его основное назначение и место расположения, рассмотрены основные материалы и конструкции предложенные для строительства комплекса.

Ключевые слова: строительство, светопрозрачные конструкции, витражи, монолит, железобетон, добавки в бетон, современные строительные материалы, купола, кровля.

Цель работы: Разработать архитектурно выразительный научно – досуговый комплекс и подобрать для его возведения эффективные строительные материалы и технологии.

Назначение данного комплекса: изучение космоса двумя телескопами разных размеров, повышение привлекательности региона за счет увеличения туристического потока, повышение грамотности населения в области астрономии, привлечение инвестиций, получение коммерческой прибыли, проведение конференций и съездов, проведение культурно массовых мероприятий и обеспечение досуга для посетителей. Объект будет находиться в 10 км к юго-западу от г. Белокуриха Алтайского края, это подходящее место так как Белокуриха, это город курорт, через который постоянно протекает большой поток людей.

В комплексе предусмотрены (рисунок 1): звездный зал планетария на 100 человек, мультифункциональный кинозал на 150 посадочных мест, конференц-зал, два помещения для выставочных экспозиций, холл для крупногабаритных экспозиций, ресторан на 50 человек, кабинеты для 20 научных сотрудников и места для размещения двух телескопов.

В качестве материала каркаса здания предложен монолитный железобетон, он имеет несомненные преимущества, таких как прочность - ведь монолитные здания выдерживают огромные нагрузки и даже при просадке естественного основания не дает трещин; долговечность - срок эксплуатации 200 лет; возможность возведения в любом климатическом и сейсмическом районе в любое время года, к тому же монолит не связывает руки архитектору при создании облика здания, поэтому оно может быть более современным и

концептуальным. Сроки возведения монолитных конструкций и конструкций из сборного железобетона сравнивались [1].

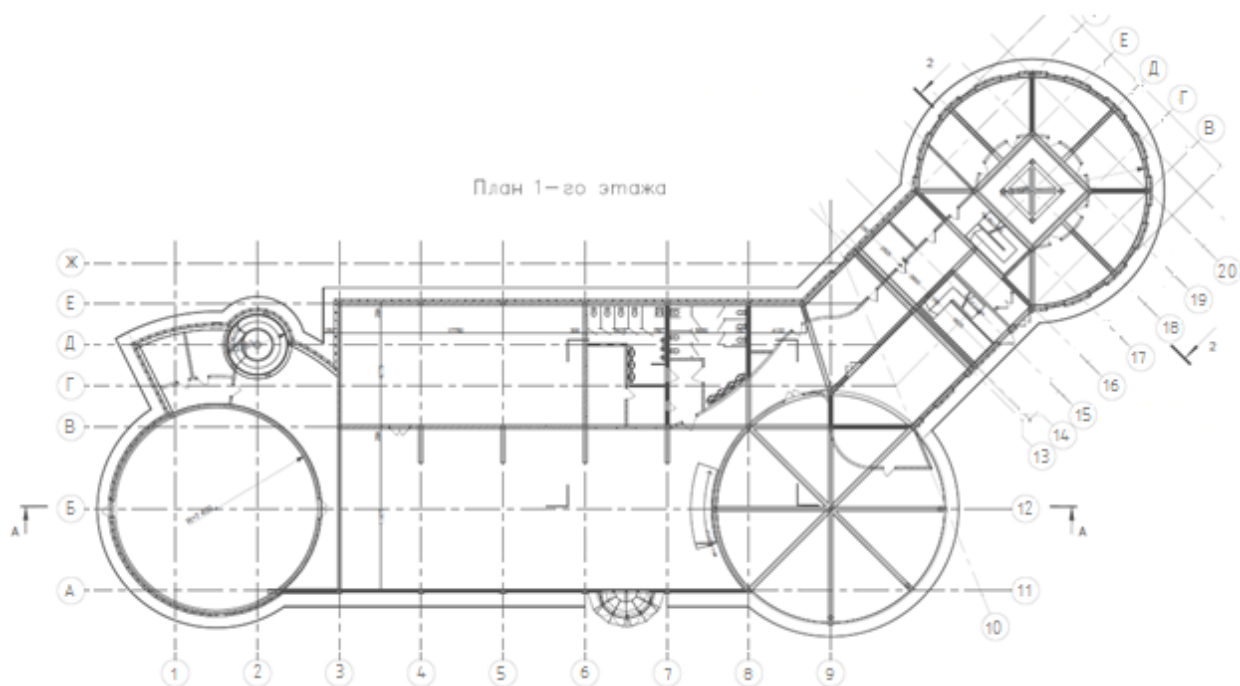


Рисунок 1 – План комплекса на отм.  $\pm 0,000$

Для улучшения характеристик бетона решено применить добавку суперпластификатор. Рассмотрены варианты применения добавок Glenium Sky 591 фирмы BASF и отечественной добавки С-3. По итогам испытаний, при использовании данных добавок, конечная прочность бетона возрастает до 50 % и 15 % соответственно [2].

Для возведения несущих конструкций планируется использовать многоуровневую крупнощитовую опалубку, которая подойдет как для заливки колонн, стен и перекрытий, так и для сложных скругленных элементов конструкции.

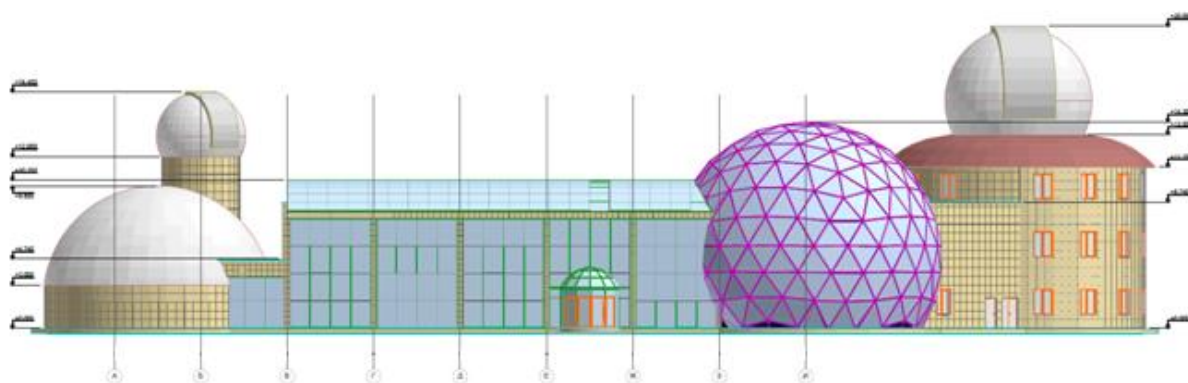


Рисунок 2 – Фасад в осях 1-20

Ограждающие конструкции будут выполнены из керамического кирпича, утепленные экструдированным пенополистиролом и все это закрыто вентилируемым фасадом с керамической плиткой. Зона холла и ресторана от



окружающей среды отделена фасадным остеклением с использованием сточно-ригельной системой алюминиевых профилей, и двойными стеклопакетами что даст помещению больше света, объема и сохранит тепло внутри здания зимой за счет нанесения на стекло специальных покрытий. Зона холла представляет собой просторное большое помещение с пролетом 12 м перекрытое металлическими фермами установленных с шагом 1,5 м для того что бы закрепить на них фасадное стекло которое являться кровлей в этой зоне. Остекление зоны ресторана выполнено в виде сферы и без применения дополнительных подпорных конструкций с применением алюминиевых профилей, сеть которых будет иметь структуру геокупола (Рисунок 2). [3]

Здание разделено на две части деформационным швом, это связано с большой длиной здания и увеличением этажности исследовательского блока. Обе секции здания запроектированы на ленточном фундаменте имеющим свайное основание. Здание имеет диафрагмы жесткости для увеличения пространственной устойчивости конструкции. В центре исследовательского блока располагается монолитная конструкция, предназначенная для установки большого телескопа, так как телескоп точный оптический прибор, он проходит сложную процедуру настройки и калибровки и даже малейшее воздействие от внешних сил или конструкций может повлиять на точность наблюдений. Поэтому, основание телескопа не имеет связи с каркасом здания, у него отдельный мощный и заглубленный свайный фундамент, а для экономии используемой площади, данная конструкция является продолжением коридора на всех этажах здания.

Второй - малый телескоп не нуждается в такой точности, поэтому устанавливается непосредственно на каркас здания. Оба телескопа защищены от окружающей среды подвижными металлическими конструкциями в виде полусфер, которые смогут поворачиваться в зависимости от направления взгляда телескопа.

Комплекс будет иметь большую потребность в электроэнергии из-за значительной удаленности от всех инженерных систем и коммуникаций. Например, необходима система подъема воды из скважины и дальнейшего ее нагрева, водяная система отопления будет заменена воздушной с электрочотлом, так как вблизи комплекса нельзя ставить котельную, что бы не загрязнять воздух для наблюдений. Принимая во внимание большое количество людей одновременно находящихся в здании, большое количество вычислительной техники и прочего оборудования и наличие пищевого производства, предусмотрена мощная система вентиляции и кондиционирования воздуха, совмещенная с системой отопления.

*Заключение:*

Итак. Строительство научно-досугового комплекса в г. Балакуриха является актуальным. Комплекс состоит из следующих помещений: две башни покрытые металлическими оболочками, стеклянный геокупол, ресторан, зал планетария с куполообразным сводом центральная зона со стеклянными сте-

нами и потолком, выставочные и конференц – залы, кабинеты различного назначения. Основными конструктивным материалами выбран монолитный железобетон, возводимый с помощью крупнощитовой опалубки. Основные ограждающие конструкции выполнены из стекла, остальная часть здания облицована утепленным вентилируемым фасадом из керамических панелей. Статья оформлена по методическим рекомендациям [4].

#### Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.
2. Современные добавки в бетоны : метод. указ / Сиб. гос. индустр. ун-т ; сост. : В.И. Злобин, В.Ф. Панова. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2012. – 36 с.
3. И.В. Борискина, Н.В. Шведов, А.А. Плотников. Современные свето-прозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика. Том I Основы проектирования // Санкт-Петербург: НИУПЦ «Межрегиональный институт окна», 2005. – 168 с.
4. Магистерский семинар. метод. Указ. / Сиб. гос. индустр. ун-т.; сост.: В.Ф. Панова, Ф.Н. Рыжков, И.В. Камбалина - Новокузнецк: изд. Центр СибГИУ, 2015 – 15 с.

УДК 666.972.125: 658.567.1

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КЕРАМЗИТОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Колокольцов В.Н.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Панова В.Ф.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В работе изучено влияние минеральных и органических добавок – отходов промышленных организаций на свойства керамзитового заполнителя из некондиционного сырья. Получен оптимальный состав для крупнопористого керамзитобетона класса В 7.5 с применением полученного заполнителя с улучшенными свойствами. Показаны оптимальные составы керамзитовой шихты для получения облегченного заполнителя марки 400...450. Выведена оптимальная температура обжига заполнителя.

Ключевые слова: шихта, керамзит, марка, добавка, исследование, свойства, средняя плотность, марка, состав, эксперимент.

Керамзит - легкий заполнитель, т.к. содержит до 70% пор. Является экологически чистым материалом, подходящим для современного строи-

тельства и получаемый путем обжига шихты.

Цель работы: определить влияние добавок в составе керамзитовой шихты из некондиционного сырья на снижение средней плотности заполнителя и подобрать оптимальный состав теплоизоляционного - керамзитобетона.

Известно, что на основе природного суглинистого сырья получается керамзит марки 600, 700, керамзитобетон на основе данного керамзита обладает повышенной средней плотностью и не высокими теплозащитными свойствами. Для снижения средней плотности зерна керамзита и повышения пористости заполнителя в качестве добавок в керамзитовую шихту предложено использовать два поверхностно-активных вещества (ПАВ): СДБ и ВНГ, а также минеральная добавка - "Рудные хвосты" Абагурской обогатительной фабрики.

СДБ относится к распространенным водорастворимым ПАВ. ВНГ - вторичный продукт, получающийся при нефтепереработке, образуется из кислото гудрона, нейтрализованного щелочами КОН, NaOH. Она является пластификатором, одновременно органическим выгорающим веществом и плавнем для обжиговых материалов. Щелочи способствуют спеканию и уплотнению массы за счет заполнения расплавом, что обеспечивает прочность материала. Органические вещества при обжиге дают поры между тугоплавкими зёрнами. ВНГ является водорастворимым веществом с неограниченным сроком хранения, не замерзает при отрицательных температурах [1].

Минеральная добавка "Рудные хвосты" - отходы обогащения железистой руды. Эта добавка отличается полиминеральным составом и наряду с легкоплавкими компонентами содержит глинистый минерал. Железистые оксиды при обжиге образуют с глинистыми составляющими легкоплавкие эвтектики. Химический состав отходов обогащения железной руды следующий: SiO<sub>2</sub> = 38,2 %; CaO = 12,6 %; MgO = 5,8 %; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 9,7 %; FeO = 8,0 %; SO<sub>3</sub> = 2,8 %; K<sub>2</sub>O = 2,17%; MnO = 0,45 %; TiO<sub>2</sub> = 0,28 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 11,0 %; П.П.П. = 7,56 %.

Проведен лабораторный эксперимент по оптимизации керамзитовой шихты из Новокузнецкого суглинка и температуры обжига с использованием трехфакторного эксперимента, методом математического планирования. [2] Графическая зависимость, на которой отражаются факторы, влияющие на среднюю плотность гранул керамзита, показана на рисунке 1.

Получены результаты оптимального количества вводимых в суглинок добавок: органической ВНГ – 0,5%, СДБ – 1 %, минеральной добавки 4%. Оптимальная температура обжига – 1180 °С. Минимальная средняя плотность зерна составляет 0,4...0,5 г/см<sup>3</sup> и соответствует марке керамзита 400...500, без добавок она составляет 0,7...0,8 г/см<sup>3</sup>, марка 800. Установлено, что комплекс (ПАВ плюс железистая добавка) дает широкий температурный интервал действия добавок при обжиге керамзитовой шихты, а именно, работает при температуре близкой к пиропластическому состоянию глины, что обеспечивает увеличенную поризацию.

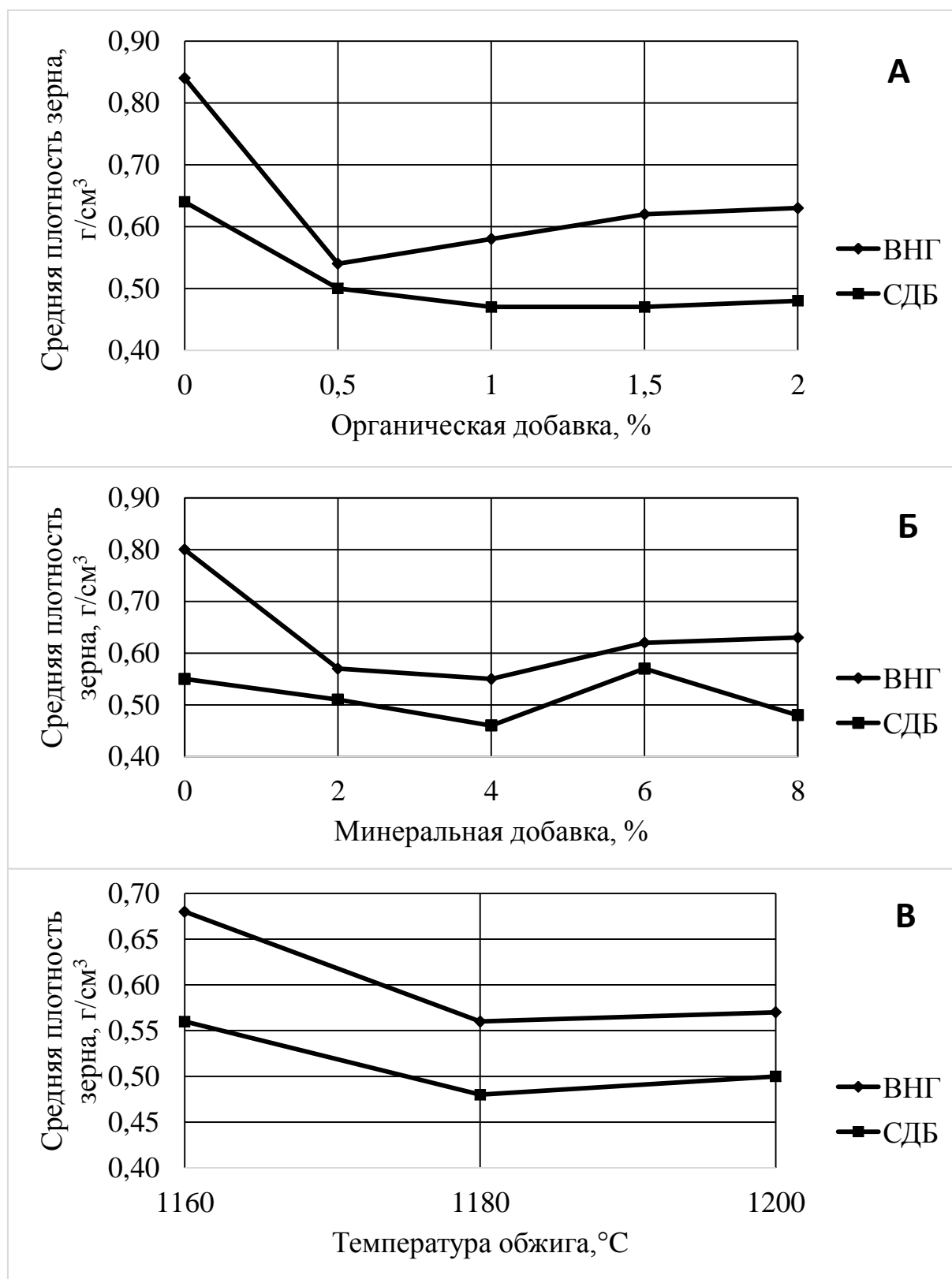


Рисунок 1 – Зависимость средней плотности керамзита ( $\gamma$ , г/см<sup>3</sup>) от А – содержания органической добавки – ВНГ и СДБ; Б – содержания минеральной добавки; В – температуры обжига

Для получения состава крупнопористого керамзитобетона на основе разработанного легкого керамзита использован цемент марки 400 с нормальной плотностью 26 %, керамзитовый гравий фракции 10...20 мм с насыпной плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>, водопоглощением 25 % и пустотностью 40 %. Расчет осуществлен по методике Баженова Ю.М. для крупнопористого керамзитобетона класса В 7,5 [3].

Результаты расчета состава бетона следующие: расход цемента 217 кг/м<sup>3</sup>; расход крупного заполнителя принят 1,1 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> (440 кг/м<sup>3</sup>); расход воды 166,4 л. Получен бетон, средняя плотность которого около 800 кг/м<sup>3</sup>.

Итак, изучено влияние добавок на суглинистую шихту и определен их оптимальный расход: органической ВНГ – 0,5 %, СДБ – 1 %, минеральной добавки – 4 %, при оптимальной температуре обжига – 1180 °С получилось снизить среднюю плотность зерна керамзита до 0,4...0,5 г/см<sup>3</sup>, заполнитель при этом имеет марку 400.

Выбранные добавки имеют широкий температурный интервал действия, а именно в зоне пиропластического состояния сырья. Это объясняет увеличение вспучиваемости и снижения массы керамзита.

Результаты расчета состава керамзитобетона на 1 м<sup>3</sup> следующие: количество керамзита марки 400 – 440 кг, цемента марки 400 – 217 кг, расход воды – 166,4 л. Получен конструктивно-теплоизоляционный керамзитобетон класса В 7,5 со средней плотностью 800 кг/м<sup>3</sup>. При использовании керамзита без добавок с насыпной плотностью заполнителя 700...800 кг/м<sup>3</sup> получается средняя плотность бетона 1800 кг/м<sup>3</sup>, т.е. в 2 раза тяжелее разработанного состава крупнопористого керамзитобетона на облегченном заполнителе.

Статья оформлена по методическим рекомендациям [4].

#### Библиографический список

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: монография / В.Ф. Панова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009 - 289 с.
2. Панова В.Ф. Программа по рациональному планированию эксперимента / Сост.: Ф.Н. Рыжков, В.А. Карасёв, В.Ф. Панова, С.А. Панов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2002. - 29с., ил.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учеб. пособие для технол. спец. строит. вузов. 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.
4. Магистерский семинар. метод. Указ. / Сиб. гос. индустр. ун-т.; сост.: В.Ф. Панова, Ф.Н. Рыжков, И.В. Камбалина - Новокузнецк: изд. Центр СибГИУ, 2015 – 15 с.

## **ФУНДАМЕНТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМООПАСНЫХ РАЙОНАХ**

**Нагих Ю.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Панов С.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Описана конструкция сейсмостойкого фундамента, работающего по принципу «неваляшки». Дан расход арматуры и состав конструктивного бетона плотной структуры. Описана технология получения. Приведены основные свойства сырьевых материалов для получения высокопрочного бетона используемого для фундаментов. В качестве сырья применены вторичные минеральные ресурсы: крупный заполнитель – дробленый доменный шлак; мелкий заполнитель отработанная формовочная смесь (ОФС) – отход литейного производства; наполнитель – тонкомолотый гранулированный шлак.

Ключевые слова: бетон, сейсмостойкость, фундамент, доменный шлак, отработанная формовочная смесь (ОФС), расчет, состав, свойства, прочность, марка, шлак.

В связи с высокой сейсмической активностью в Кемеровской области требуется повышение прочности возводимых сооружений и конструкций. В качестве фундамента предлагается использовать кинематическую опору, по форме напоминающую игрушку неваляшку выполненную по патенту «КазНИИАС» г. Алматы, № 2005156 РФ 1725РК [1].

Цель работы: Описать конструкцию сейсмостойкого фундамента в виде кинематических опор, состав бетона для него, с применением местных материалов и вторичных минеральных ресурсов (ВМР).

Сейсмостойкий фундамент состоит из верхнего и нижнего опорных элементов и расположенного между ними элемента подвижной связи с выпуклой криволинейной нижней опорной поверхностью и подвижно фиксирующего осевого элемента в верхней части. Центр кривизны опорной поверхности элемента подвижной связи расположен на оси фундамента в пределах высоты над фундаментной части здания. Опорная поверхность нижнего опорного элемента выполнена либо плоской, либо вогнутой криволинейной с центром кривизны, расположенным за пределами высоты здания. Верхний опорный элемент испытывает меньшие толчки, т.к. значительная часть сейсмической энергии расходуется на пространственное перемещение массы здания, на передвижение элементов подвижной связи, которые перекачиваются по нижним опорным элементам с одновременным поворотом относительно фиксирующих осевых элементов. Применение такой конструкции обеспечивает уменьшение горизонтальной связанности здания, с

основанием за счет способности элементов подвижной связи передвигаться при наличии конструктивной связи со зданием, обеспечивая устойчивое его равновесие.

Форма кинематической опоры и ее характеристики показаны на рисунке 1 и в таблице 1.

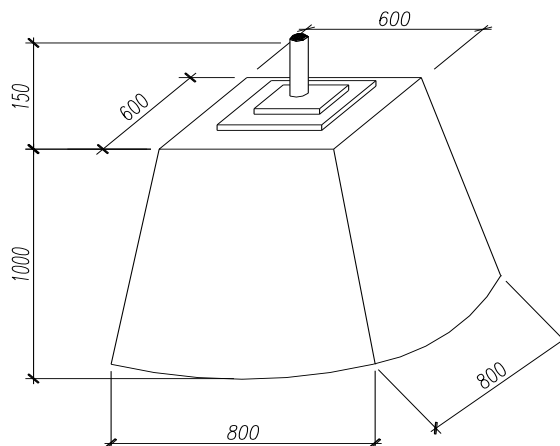


Рисунок 1 - Общий вид кинематической опоры.

Таблица 1 – Характеристика кинематической опоры

Габаритные размеры, мм	Марка бетона	Объем бетона м <sup>3</sup>	Масса арматуры, кг
800×800×1000	М 400	0,52	233,25

Учитывая, что фундаментная кинематическая опора испытывает значительные нагрузки, предусмотрено применить для ее изготовления бетон плотной структуры М400, что обеспечивается применением трехфракционного заполнителя с тонкомолотой добавкой. Для получения высокопрочного бетона кинематических опор фундамента, запроектировано применить местное сырье и техногенные отходы: цемент - ЦЕМ I 42,5Н (М500), мелкий заполнитель в виде отхода литейного производства – отработанная формовочная смесь (ОФС), в качестве крупного заполнителя - дробленый шлак, тонкомолотая добавка из граншлака. (Таблица 2) [2].

Таблица 2 – Состав трёхкомпонентной бетонной смеси для изготовления кинематической опоры.

Компоненты	Характеристика	Расход на 1 м <sup>3</sup> , кг
Вяжущее	ЦЕМ I 42,5Н (М500)	370
Крупный заполнитель	Отвальный шлак (фр. 10...20мм)	1383
Мелкий заполнитель	ОФС + граншлак=1:1	280
Суперпластификатор	С-3	1,2
Вода		145

В качестве скелетообразующего заполнителя в бетоне использован дробленый медленно-охлажденный кристаллический доменный шлак.

*Доменный шлак* получен на металлургическом заводе путем медленно-охлаждения в цехе переработки (ЦПДШ), его предполагается применить, как крупный заполнитель бетона. Он характеризуется плотной структурой, имеет высокую прочность на сжатие до 63 МПа, что удовлетворяет требованию предъявляемому к крупному заполнителю для высокопрочного бетона. Основные физико-механические свойства дробленного, медленно-охлажденного доменного шлака следующие: истинная плотность – 2900 кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность – 1510 кг/м<sup>3</sup>; межзерновая пустотность – 15%; истираемость – 47%.

В качестве мелкого заполнителя предлагается применить *отработанную формовочную смесь (ОФС)* - отход «Западно-Сибирского металлургического комбината» («ЗСМК»), представляет собой побочный продукт литейного производства. Основу смеси составляет формовочный песок не менее 96%, щелочные металлы не более 1,5%, оксид железа не более 1%, а также глинистая составляющая не более 2%. В Кузбассе существует проблема с наличием качественных природных песков, поэтому в качестве мелкого заполнителя для высокопрочного бетона, предусмотрено использование ОФС. По результатам отсева выявлено, что ОФС по модулю крупности ( $M_{кр}$ ) относится к мелким пескам,  $M_{кр}=1,26$ . ОФС предусмотрено применить в композиции с молотым доменным гранулированным шлаком в соотношении 1:1.

*Технологический процесс производства* разделяется на 6 рабочих этапов. 1 – чистка форм от остатков бетона и эмульсионная смазка (рисунок 2); 2 – укладка арматурного каркаса (таблица 3); 3 – формирование изделия; 4 – укладка смеси в четырехместную форму (рисунок 2); 5 – уплотнение бетонной смеси; 6 – тепловлажностная обработка изделия. Заключительный этап изготовления это выгрузка из камеры ТВО и подача на распалубку. После выдержки, изделие транспортируется на строительную площадку.

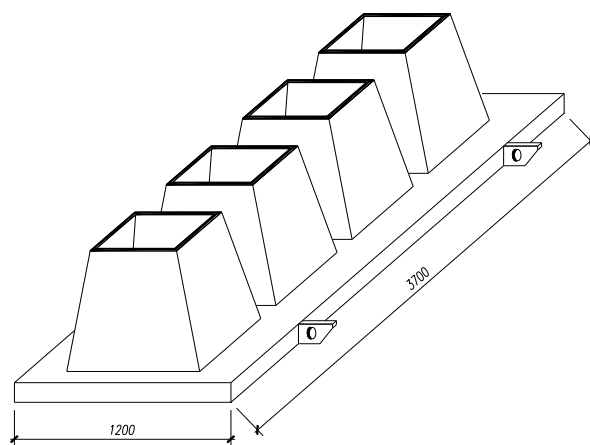


Рисунок 2 - Общий вид четырехместной формы для изготовления фундамента



Таблица 3 – Расход арматуры для кинематической опоры.

Класс	Диаметр, мм	Расход стали на одно изделие- $q_w$ , кг
A-I	8	0,76
A-I	12	1,52
A-I	14	149,98
A-I	30	4,15
Итого		233,25

*Вывод:* В связи с сейсмичностью Кемеровской области для разработки проекта жилого дома рекомендован сейсмостойкий фундамент по типу невалышки (Патент 2005156 РФ 1725 РК). Предложено изготавливать конструкции в четырехместной форме по классической технологии получения железобетонной конструкции, из бетона марки 400. Использование местного сырья и отходов металлургии, позволяет получить прочную бетонную конструкцию плотной структуры. Применение отходов производства позволяет заменить природное сырье и в какой-то степени улучшить экологическую проблему города.

#### Библиографический список

1. Сейсмостойкое здание, сооружение [Электронный ресурс] - <http://www.findpatent.ru/patent/200/2005156.html>.
2. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии: Монография/СибГИУ. – Новокузнецк, 2009. – 289 с.
3. Баженов, Ю. М. Технология бетона : учебник для студ. вузов, обуч. по строит. спец. / Ю. М. Баженов . – М. : Изд-во АСВ, 2007 . – 528 с.

УДК 691:728.8

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОТТЕДЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**Шакиров Е.З.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Панова В.Ф.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: shakirov.ez@mail.ru*

Рассмотрены вопросы эффективности строительства коттеджного поселка с применением поточного метода строительства, с развернутой инфраструктурой. Представлена планировка двух этажей жилого дома. для перекрытия выбраны нестандартные пустотные плиты. Приведены результаты исследования по выбору более эффективных стеновых изделий, изготовленных из местных сырьевых материалов, промышленных отходов с максимальной теплозащитой.

Ключевые слова: жилой дом, коттедж, стеновые изделия, эффективность, техногенное сырье, теплопроводность, теплозащита.

Стоимость сырьевых материалов входит в основную часть жилья, поэтому применение местных материалов, а также вторичных материальных ресурсов (ВМР) в виде техногенных отходов в качестве строительного материала позволит получить экономию. Практика показывает, что ВМР можно широко и эффективно применять в производстве строительных материалов и изделий взамен истощающихся природных минеральных ресурсов [1,2].

*Цель работы:* запроектировать поселок (один модуль равный 10 домам), серию двухэтажных жилых домов с комфортной планировкой. Провести исследованию по выбору эффективных стеновых конструкций с повышенной теплозащитой с применением местного сырья и вторичных минеральных ресурсов (ВМР).

Для уменьшения сроков предлагается строительство выполнять поточным методом. Здания в плане запроектированы прямоугольные с размерами в осях (12,6\*12,2) м, высота объекта 10,4 м, высота этажа в жилой части 3,25 м (рисунок 1, 2).

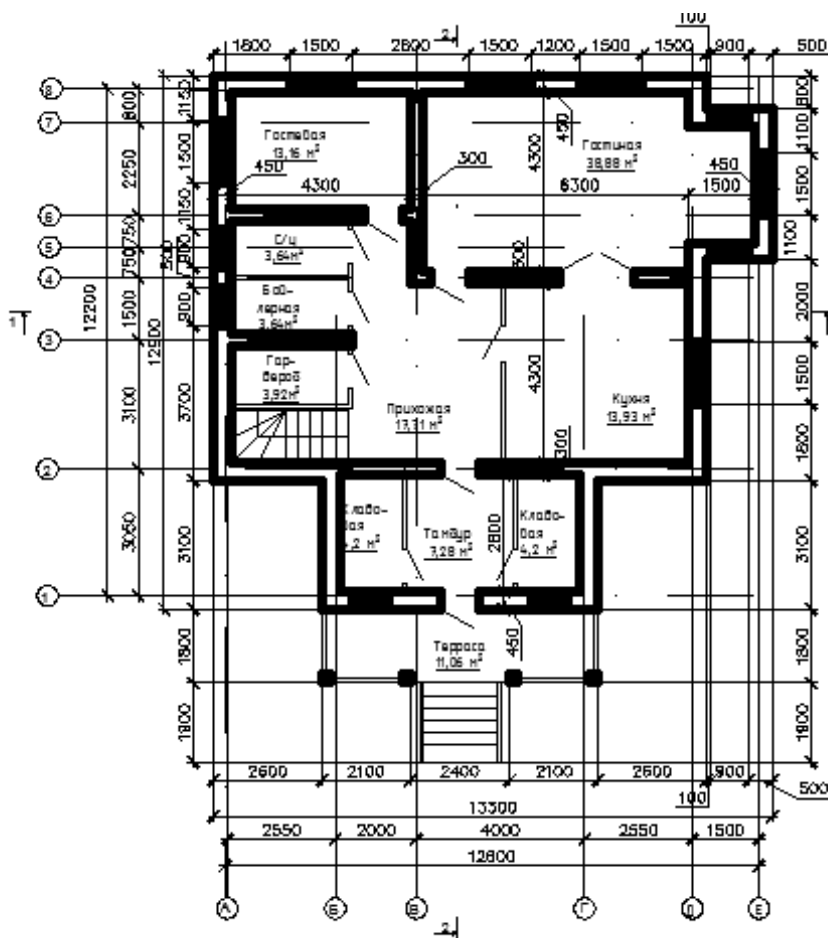


Рисунок 1 – План первого этажа

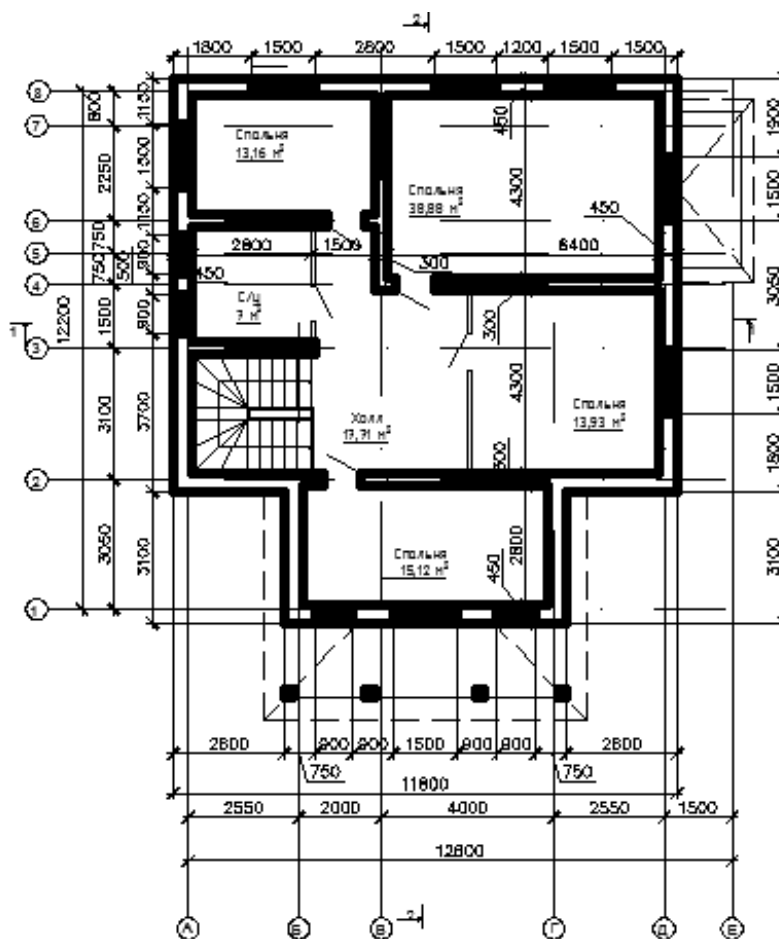


Рисунок 2 – План второго этажа

В качестве перекрытия приняты многопустотные плиты (1,2\*0,22\*4,4) м, изготовленные на длинном стенде и разрезанные на необходимую длину. Плиты выполнены из мелкозернистого трех фракционного бетона класса В15 на основе металлургических отходов [2]. Состав мелкозернистого бетона на 1 м<sup>3</sup>: Дробленый отвалный шлак - 1104 кг; отработанная формовочная смесь – 447,1 кг; тонкомолотый граншлак – 173,8 кг; ШПЦ 300 – 360 кг. Итого 2084,9 кг.

Для обеспечения достаточных теплозащитных свойств чердачного перекрытия выполнен теплотехнический расчет [3]. Предложены следующие материалы: ж/б плита перекрытия  $\delta=220$  мм,  $\lambda=0,47$  Вт/м °С, обмазочная гидроизоляция, шлаковая засыпка  $\gamma=350$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda=0,9$  Вт/м °С, слой минеральной ваты  $\delta=50$  мм,  $\lambda=0,47$  Вт/м °С.

Установлено, что шлаковая засыпка на чердачном перекрытии должна быть не менее 31 см. Толщина шлаковой засыпки возрастет до 38 см, если убрать слой минеральной ваты. Так же возможно использование экструдированного пенополистирола  $\gamma=400$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda=0,034$  Вт/м, что позволит значительно уменьшить толщину утепления, но стоимость существенно увеличится.

Для обеспечения тепловой защиты стен предложено несколько вариантов:

*Вариант 1. Наружная стена состоит из пяти слоев.* Блоки из газобетона, сайдинг блок-хаус, воздушный зазор, маты минераловатные, штукатурка гипсовая. Толщина стены по расчету составит 45 см. Однако трудоемкость при этом варианте конструкции стены высока, из-за многослойности.

*Вариант 2. Наружная стена выполнена из трех слоев:* блоки  $\delta(20 \times 20 \times 40)$  см снаружи и внутри помещения, изготовленные на основе горелых пород следующего состава: а) бесклиннерное вяжущее: горелая порода -8,5%, газоочистная пыль известкового производства-15%, сульфат натрия - отход коксохимического производства-1,5 %; б) заполнитель горелая порода фракция 0,14...10 мм, 75%. [4] Марка полученного бетона – 50, средняя плотность  $\gamma=1,43$  г/см<sup>3</sup>,  $\lambda=0,63$  Вт/м<sup>0</sup>С. В середине кладки блоков использован пенобетон  $\delta=20$  см,  $\gamma=200$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda=0,06$  Вт/м<sup>0</sup>С толщина колодезной кладки составит 60 см.

Изделия из бесцементных блоков на основе горелых пород в композиции с пенобетоном по теплотехническим характеристикам удовлетворяют требованиям для Кузбасского региона [5].

*Вариант 3. Применение для стены теплых трехслойных блоков* размерами – (20x30x30) см, массой около 10 кг. Изделия изготовлены из трех слоев: крайние слоя ( $\delta=7$  см,  $\delta=8$  см) из облегченного керамзитобетона (песок заменен золой, керамзит марки 400): средняя плотность  $\gamma=1200$  кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность  $\lambda=0,44$  Вт/м<sup>0</sup>С, термическое сопротивление слоев:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = (1,8 + 1,59) = 7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Средний слой блока  $\delta=15$  см из пенополистирола:  $\gamma=40$  кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda=0,041$  Вт/м<sup>0</sup>С,  $R=3,654$  м<sup>2</sup> · °C/Вт. Термическое сопротивление блока:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = 7,05 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Сопротивление теплопередачи стеновой конструкции толщиной – 30 см составит:

$$R_0 = \frac{1}{8,4} + 7,05 + \frac{1}{23} = 7,213 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Общее сопротивление теплопередачи стены с учетом коэффициента неоднородности составит:

$$R_0^r = R_0 \cdot r = 7,213 \cdot 0,7 = 5,049 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Получаем:  $R_0^r > R_0^{\text{тп}}$  или  $5,049 > 3,6344$

Применение теплого блока для стеновых конструкций  $\delta=30$  см соответствует условию сопротивления теплопередачи для региона Кузбасса.

Итак, исходя, из выше описанных результатов теплотехнических расчетов можно сказать, что для условий Сибири, Кузбасса наиболее эффективно в качестве стеновой конструкции применять тепловой трехслойный керамзитопенополистиролбетонный блок (20x20x30) см.

Для перекрытий жилого дома эффективно принять пустотные плиты, изготовленные на длинных стендах. Предложено для плит применить бетон из ВМР в виде трехкомпонентной шлаковой смеси из отходов металлургии. Для обеспечения тепловой защиты чердачного перекрытия достаточно применить более дешевый материал - шлаковую засыпку толщиной от 31 до 38 см.

#### Библиографический список

1. Панов С.А. Декоративные строительные материалы из отбеленного и активированного шлака : монография / С.А. Панов, В.Ф. Панова ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : СибГИУ, 2010. – 215 с.

2. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии : монография / В.Ф. Панова ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : СибГИУ, 2009. – 288 с.

3. Матехина О.В. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций зданий и сооружений : метод. указ./ О.В. Матехина, Ю.К. Осипов. – Новокузнецк : СибГИУ, 2010. – 62 с.

4. Панова В.Ф. Разработка технологических регламентов на производство строительных материалов и изделий из вторичных минеральных ресурсов (ВМР) : учебное пособие/В. Ф. Панова, С. А. Панов – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – 201с.

5. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М: Госстройиздат, 2004. -25с.

УДК 728.2.011.261

## МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

**Усольцев И.Е.**

**Научный руководитель: Захарова Н. В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: zakharovanat@yandex.ru*

В данной статье рассматривается целесообразность строительства малоэтажных зданий. В статье определяются преимущества и недостатки малоэтажного строительства по сравнению с многоэтажным.

Ключевые слова: малоэтажное строительство, преимущества малоэтажных зданий, недостатки малоэтажных зданий.

В российском законодательстве до сих пор нет определения малоэтажной застройки. Однако в Градостроительном кодексе РФ [1, ст.48] имеется описание архитектурных типов малоэтажных домов. Исходя из этого малоэтажное строительство включают в себя таунхаусы, коттеджи и многоквартирные здания.

По этажности здания условно можно разделить на [2, С.11]:

- малоэтажные здания – 1-2 этажа;
- средней этажности – 3-5 этажей;
- многоэтажные здания – 6-12 этажей;
- повышенной этажности – до 25 этажей;
- высотные – более 25 этажей.

Проектирование многоэтажного строительства стоит дороже, что связано с более сложным технологическим процессом, экспертизой и необходимыми расчетами. Но при строительстве высотных зданий себестоимость на кв. м. обходится дешевле, вследствие эффективного использования площадей. Однако высотные дома имеют повышенные требования к конструкциям фундаментов и не на всех грунтах возможно возведение многоэтажного дома, в отличие от малоэтажного, который можно построить практически на любом месте.

Из-за более сложной технологии строительства для возведения высотного здания используется более сложная техника. Более того, не все строительные материалы, которые используются в малоэтажном строительстве, можно использовать для высотного здания. С повышением этажности выбор материалов сужается, поскольку возрастают требования к их несущей способности.

Комфорт проживания гораздо выше в малоэтажном доме, что связано с более низкой плотностью застройки и меньшим числом жителей. Меньшая плотность автоматически повышает уровень жилья, поэтому малоэтажка всегда будет относиться к более высокому классу.

Меньшее количество жителей означает и лучшую ситуацию с парковкой. Если в малоэтажке парковочные места можно организовать вблизи дома, то в многоэтажном комплексе парковка обычно создается в отдалении либо под землей, и, как правило, является платной.

*Среди минусов малоэтажного строительства* – отсутствие лифтов, которые редко устанавливают в домах низкой этажности, и меньшая площадь дворовых территорий. Последнее связано с инсоляцией. При многоэтажной застройке дома строятся дальше друг от друга, чтобы обеспечить необходимые нормы инсоляции квартир. Поэтому автоматически создаются большие дворы, которые могут использоваться под спортивные площадки и прогулочные зоны. Однако управляющей компании гораздо легче поддерживать безупречную чистоту и порядок на маленьком пространстве.

По сравнению с многоэтажным строительством, можно отметить не большое упрощение в процессе оформления разрешения на строительство. Если высота домов составляет до трех этажей, то необходимость в обязательной государственной экспертизе проекта отсутствует, а это время и, значит, деньги. Более того, малоэтажное строительство – гораздо более скоротечный проект и это обстоятельство обеспечивает достаточно хорошую при-

быльность.

Кроме того, в высотном доме меньше возможностей для реализации нестандартных архитектурных решений. Малоэтажное строительство в этом плане дает больший простор для творчества.

#### Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 18.06.2017) / Москва, 2017.

2. Осипов Ю. К. Архитектурно-строительные конструкции и детали жилых зданий [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Ю. К. Осипов, О. В. Матехина, А. П. Семин. – Электронные данные (1 файл). – Новосибирск : СО РАН, 2014. – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.

УДК 69.07

## АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В Г.КЕМЕРОВО

Агаркова Н.А.

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,  
Матвеев А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: el.alesh14@yandex.ru*

В статье представлены архитектурно-планировочные и конструктивные решения крупнопанельного жилого дома. Рассмотрены вопросы обеспечения монолитности сопряжений несущих конструкций и жесткости здания в целом.

Ключевые слова: жилой дом, крупнопанельный дом, перекрестно-стенная конструктивная система, жесткость здания, монолитность сопряжений.

Жилой дом представляет собой девятиэтажный крупнопанельный дом (рисунок 1), с размерами в плане 45x12м (в крайних осях) и раскладкой осей по внутренним несущим панелям 3,0-3,0-3,0-4,5-3,0-3,0-3,0-3,0-3,0-3,0-4,5-3,0-3,0-3,0 м по осям цифровым и 1,5-4,5-4,5-1,5 м по осям буквенным.

В предлагаемом варианте дома представлен набор от двухкомнатных до 4- комнатных квартир. Все квартиры имеют летнее помещение – балкон.

Дом обеспечен всеми видами инженерного оборудования [1, 2]. Вертикальный транспорт – лифт, мусоропровод. Все квартиры обеспечены достаточным уровнем внутренней отделки – водоземельсионная окраска, обои, в санузлах и в кухне-столовой по фронту кухонного оборудования – керамическая глазурованная плитка.

Крупнопанельный жилой дом запроектирован с перекрестно-стенной конструктивной системой в изделиях компоновочных объемно-

планировочных элементов, выпускаемых заводом крупнопанельного домостроения г. Кемерово для районов сейсмичностью 6 баллов.



Рисунок 1 – Общий вид жилого дома

Конструктивная схема жилого дома решена с поперечными и продольными несущими стенами, с опиранием плит перекрытия по контуру. Шаг поперечных стен 4,5 м, продольных – 3,0 м. Жесткость здания обеспечивается лифтово-лестничным узлом.

В целях обеспечения монолитности сопряжений конструкций здания, равномерной передачи усилий в стыках и включения несущих наружных стен в статическую работу приняты шпоночные соединения между наружными, внутренними стенами, а в уровнях перекрытий устанавливаются анкерные металлические крепления [3, 4].

Фундаменты – монолитный железобетонный ростверк на сваях-стойках длиной 7,0 м [5, 6]. Цокольные наружные стены – железобетонные трехслойные панели толщиной 400 мм. Перекрытия – сборные железобетонные плиты толщиной 160 мм. Наружные стены – железобетонные трехслойные стеновые панели толщиной 400 мм [7].

Внутренние стены – сборные железобетонные панели толщиной 180 мм, толщина панелей принята из условий прочности, огнестойкости и звукоизоляции. Для скрытой электропроводки предусмотрены каналы, образованные пластмассовыми трубами, закладываемыми при формировании на заводе.

Перегородки – гипсобетонные толщиной 80 мм.

Лестницы – сборные железобетонные лестничные площадки и марши. Лифтовые шахты – сборные железобетонные объемные элементы толщиной стенок 100 мм.

Кровля – железобетонные кровельные панели.

#### Библиографический список

1. СНиП 2.08.01-89\*. Жилые здания (с изменениями № 1-4). – Мин-



строй России. Москва, 2000.

1. Спартак И.Д. Архитектурные и конструктивные решения двенадцатиэтажного жилого дома в городе Новокузнецке / И. Д. Спартак ; науч. рук. Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 180-183.

2. Обанин А.А. Восемнадцатипятиэтажный сборно-монолитный жилой дом в г. Новокузнецке / А. А. Обанин ; науч. рук. Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 174-177.

3. Леонов В.А. Особенности архитектурно-планировочных и конструктивных решений жилого дома со встроенно-пристроенным блоком в г. Новокузнецке / В.А. Леонов ; науч. рук. Е. А. Алешина, Д. Н. Алешин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017.– Вып. 21.– Ч. V. Технические науки.– 390 с. – С. 286-288.

4. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*. – Минстрой России. Москва, 2017.

5. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – Минрегион России. Москва, 2011.

6. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

УДК 69.07

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ**

**Губко В.П.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: gubkopiter@mail.ru*

В статье рассмотрены особенности процесса проектирования при применении BIM-технологий.

Ключевые слова: BIM-технологии, проектирование, моделирование, Tekla Structures.

BIM проектирование – продукт развития и эволюции навыков человека

в сфере строительства. Постоянное наращивание темпа производственного процесса подталкивает проектирование к развитию и улучшению. Технология информационного моделирования (BIM проектирование) является следствием этого процесса.

Информационная модель здания (BIM) (Building Information Model) – это вся имеющая числовое описание и нужным образом организованная информация об объекте, используемая как на стадии проектирования и строительства здания, так и в период его эксплуатации и даже сноса [1].

На данный момент существует уже немало программ, использующих BIM-проектирование: Revit, Digital Project, Bentley Architecture, Allplan, ArchiCAD, Tekla Structures. В рамках данной работы рассматривается Tekla Structures.

Tekla Structures – это 4-х мерная система премиум класса, предназначенная для 3-х мерного моделирования простых и сложных сооружений из большого множества материалов и управления строительной информацией (BIM) [2]. Можно использовать как платформу для разработки собственных приложений для облегчения задач проектирования.

Основной функционал, отличающий эту программу от других ей подобных: автоматическая генерация и копирование чертежей, поддержка многопользовательского доступа и единовременная работа над одной моделью, автоматизированное создание и копирование предварительно определенных соединений и детализовок [2].

На сегодняшний день уже повсеместно в проектировании используют подобные технологии и Новокузнецк не является исключением. С использованием Tekla Structures проектируется множество объектов. Имеются объекты, построенные и введенные в использование по своему назначению. Наиболее наглядным примером является здание музея автотехники «Ретропарк».



Рисунок 1 – Здание музея автотехники «Ретропарк» в г. Новокузнецке

Конструктивная схема здания представляет собой металлический пространственный каркас; перекрытия по несъемной опалубке; стеновые ограждения из навесных стеновых панелей. При проектировании данного соору-

жения были использованы технологии BIM-проектирования.

Сбор нагрузок и расчет несущих конструкций велся более распространенным программным обеспечением SCAD [3]. Исходя из полученной документации КМ, для упрощения процесса составления рабочих чертежей КМД, монтажных схем и всех необходимых ведомостей была построена модель конечного здания в программе Tekla Structures. Подобное решение значительно ускорило процесс составления узловых соединений, подсчета всех элементов и наглядно помогло рассмотреть и устранить все погрешности и ошибки, допускаемые во время составления документации из-за всем известного человеческого фактора.

Итогом стоит отметить тот факт, что BIM-технологии не являются искусственным интеллектом, не исключают человека из самого процесса. Это инструмент с большей точностью, который способен помочь нам воплотить в жизнь наши еще более сложные и еще более гениальные идеи. Подобные технологии, подталкивающие строительство к развитию, действительно помогают делать работу инженера более точной, не теряя при этом скорости, а продукт его деятельности становится еще более качественным.

#### Библиографический список

1. Пакидов О.И. Основы BIM: Информационное Моделирование для строителей. – Набережные Челны, 2014.
2. Таран Д.А., Сидорчук О.А. Системный курс изучения Tekla Structures конструкции [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.А. Таран, О.А. Сидорчук – Электрон. дан. – Москва : Издательство Topengineer 2018. – Режим доступа: <http://topengineer.ru>
3. СП 20.13330.2012. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – М., 2011. – 50 с.

УДК 624.012.45

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ЦЕХА В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ

Иванова Е.С.

**Научные руководители: канд. техн. наук Алешин Д.Н.,  
Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: [Kat1139620@yandex.ru](mailto:Kat1139620@yandex.ru)*

В статье рассмотрены особенности конструирования и расчета одноэтажных промышленных зданий из сборных железобетонных конструкций с разным шагом колонн по крайнему и среднему ряду на примере здания кузнечно-штамповочного цеха в г. Новокузнецке.

Ключевые слова: одноэтажные промышленные здания, сборные железобетонные конструкции, шаг колонн, кузнечно-штамповочный цех.

Цех представляет собой одноэтажное промышленное здание из железобетонных конструкций, оборудованное шестью мостовыми кранами грузоподъемностью 20 тонн. Здание состоит из трех пролетов, (рисунок 1). Шаг колонн 12 метров.

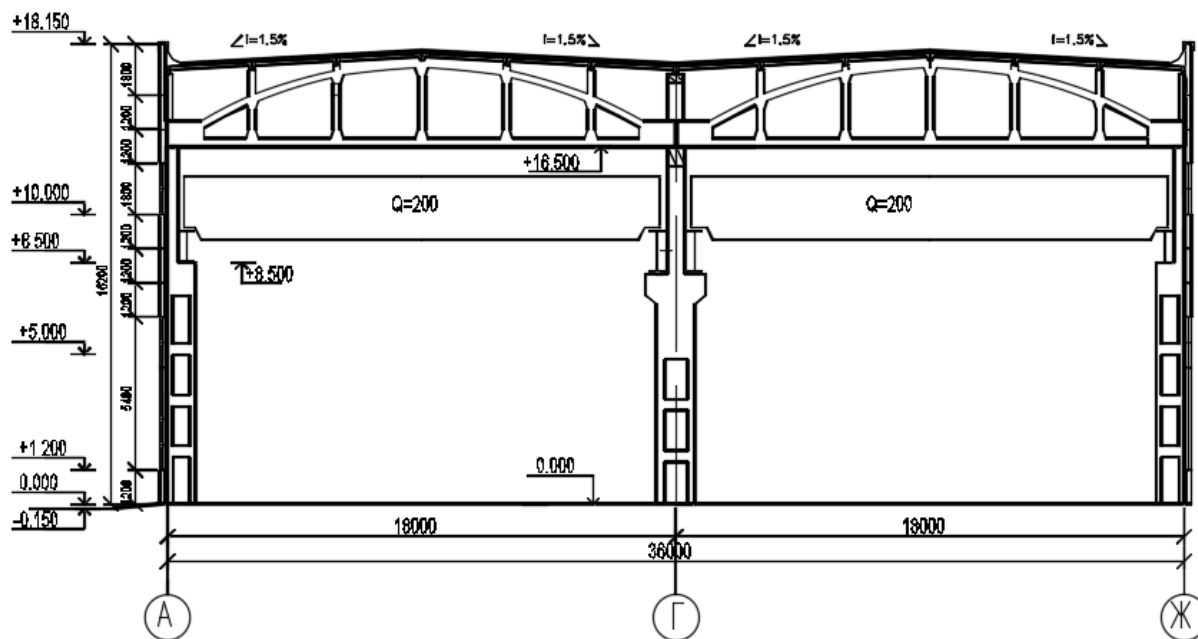


Рисунок 1 – Поперечный разрез здания

Конструктивная схема здания каркасная.

Пространственную жесткость каркаса в поперечном направлении обеспечивают поперечные рамы с жестким защемлением колонн в фундаментах и шарнирным сопряжением ригелей с колоннами (рисунок 1).

В продольном направлении устойчивость каркаса обеспечивают продольные рамы, система связей и жесткий диск покрытия [1, 2]. В зданиях с мостовыми кранами вертикальные связи по колоннам устраиваются всегда и размещаются в одном шаге каждого ряда колонн посередине температурного блока на высоту от пола до низа подкрановых балок [3, 4].

Колонны каркаса опираются на отдельные монолитные железобетонные фундаменты стаканного типа [5, 6]. Для изготовления фундамента проектом предусмотрены бетон класса В15 и арматура периодического профиля класса А400.

Фундаментные балки укладывают на специально заготовленные бетонные столбики, усаживаемые на первую ступень плитной части фундаментов. Это так называемые прилифвы площадью сечения 0,3 x 0,6 м с обрезом на отметке (- 0,45) м (при высоте балок 0,4 м, для шага колонн 12

м).

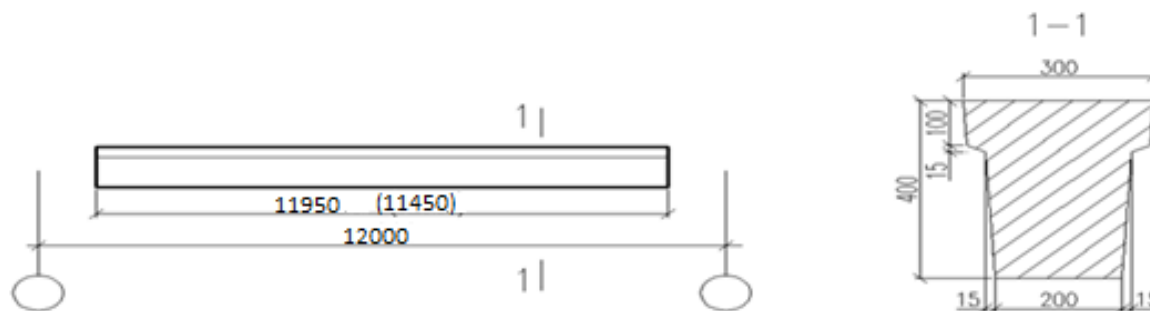


Рисунок 2 – Фундаментная балка

При замерзании под действием увеличивающихся в объеме пучинистых грунтов в фундаментных балках могут возникнуть деформации, а также может произойти промерзание пола вдоль стен, поэтому для предотвращения этих процессов балки с боков и снизу теплоизолируются с помощью засыпки пазухи шлаком [7]. Поверх фундаментных балок укладывают гидроизоляцию из цементно-песчаного раствора или из двух слоев рулонного материала на мастике. На поверхности земли вдоль фундаментных балок устраивают отмостку или тротуар.

После установки сборных фундаментных балок зазоры между ними и колоннами заполняют бетоном. В местах устройства ворот фундаментные балки не укладываются, а для устройства выездов из цеха осуществляется подбетонка в виде пандуса длиной 2,5 м.

#### Библиографический список

1. Железобетонные и каменные конструкции : Учеб. для строит. спец. вузов / В.М. Бондаренко, Р.О. Бакиров, В.Г. Назаренко, В.И. Римшин; под ред. В.М. Бондаренко. – 5-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2008. – 887 с. : ил.

2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М. : СИ, 1991. – 767 с., ил.

3. Архипова А. С. Конструирование железобетонных колонн одноэтажных промышленных зданий с учетом особенностей объемно-планировочных решений / А. С. Архипова ; науч. рук.: Е. А. Алешина, Д. Н. Алешин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : СибГИУ, 2016. – Вып. 20. – Ч. 5. – С. 108-111.

4. Арсеньев С. В. Конструктивное решение покрытия здания ремонтного цеха с закрытой автостоянкой для автобусов в городе Киселевске / С. В. Арсеньев ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – Вып. 20. – Ч. 5 : Технические науки. – С. 105-107.

5. Лазарева Е. В. Особенности конструктивных решений здания литей-

ного цеха металлургического комбината в г. Новокузнецке / Е. В. Лазарева ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 190-192.

6. Алешин Н.Д. Проектирование конструкций цеха ремонта металлургического оборудования в городе Гурьевске с использованием информационных технологий / Н.Д. Алешин и др. // Эффективные строительные конструкции : теория и практика : сборник статей XII Международной научно-технической конференции.– Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – С. 6-8.

7. Проклушина Д. Е. Проектирование здания ремонтного цеха пассажирского автопредприятия в г. Новокузнецке с учетом климатических особенностей / Д. Е. Проклушина ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 196-198.

УДК 69.058/.059

## **ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГАЛЕРЕЙ ПОДАЧИ УГЛЯ НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ**

**Истерин Е.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук Алёшин Д. Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье представлена работа по обследованию и выявлению дефектов и повреждений строительных конструкций, а также приводятся методы усиления конструкций для дальнейшей безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: строительные конструкции, обследование, дефекты, повреждения, проверочный расчёт, усиление.

Причиной обследования комплекса галерей № 22, 23, 24 послужило обнаружение дефектов при очередных осмотрах.

Исходные данные для обследования:

*Галерея № 22* предназначена для транспортировки рядового угля ленточным конвейером.

Год ввода в эксплуатацию -1965 г.

Длина 29,40м ширина 3,60м высота 2,65м. Угол наклона галереи - 18°.

Плиты покрытия и перекрытия- сборные железобетонные ребристые.

Стеновое ограждение - асбестоцементный волнистый лист типа ВУ с обеих сторон; плитный утеплитель толщиной 50 мм.

Число конвейеров один с резиноканевой лентой.

*Галерея № 23* предназначена для транспортировки рядового угля ленточным конвейером.

Год ввода в эксплуатацию -1968 г.

Длина 258м ширина 3,60м высота 2,65м. Угол наклона галереи -  $4^{\circ}51'13''$ .

Плиты покрытия и перекрытия- сборные железобетонные ребристые.

Стеновое ограждение - асбестоцементный волнистый лист типа ВУ с обеих сторон; плитный утеплитель толщиной 50 мм.

Число конвейеров один с резиноканевой лентой.

*Галерея № 24* предназначена для транспортировки рядового угля ленточным конвейером.

Год ввода в эксплуатацию -1965 г.

Длина 66,48м ширина 3,60м высота 2,65м. Угол наклона галереи -  $18^{\circ}56'$ .

Плиты покрытия и перекрытия- сборные железобетонные ребристые.

Стеновое ограждение - асбестоцементный волнистый лист типа ВУ с обеих сторон; плитный утеплитель толщиной 50 мм.

Число конвейеров один с резиноканевой лентой.

Обследование проводилось методами визуального и детального инструментального контроля по [1].

В процессе обследования определялись характеристики материалов строительных конструкций, прочность бетона фундамента и железобетонных конструкций, марка стали стальных конструкций, определялась взятием образцов и исследованием их в лабораторных условиях согласно требованиям [1]. Так же определялись фактические геометрические характеристики отдельных элементов несущих конструкций, выявленные отклонения которых (незначительные) не превышают допуски по [2].

В результате обследования были установлены следующие дефекты и повреждения, которым в соответствии с [3] были присвоены классы опасности «Б» и «В»:

- разрушение защитного слоя бетона плит перекрытия, полное разрушение отдельных плит;
- локальные погибы элементов опор;
- вырезы в элементах фермы;
- отсутствуют некоторые элементы фермы;
- коррозия элементов в уровне пола до 30%;
- сквозные разрушения стенового ограждения;

Проводился проверочный расчёт строительных конструкций с учётом фактического состояния действующих и прогнозируемых нагрузок в соответствии с [4].

По результатам обследования и расчётов установлено, что конструкции галерей, их отдельные элементы и узлы находятся в ограниченно работоспособном состоянии. По рабочей документации выполнено усиление конструкций галерей. Пример усиления представлен на фото 1.



Фото 1 – Усиление фасонки

#### Библиографический список

1. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2014. – 55 с.
2. Свод правил: СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. – М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013. – 203 с.
3. Руководящий документ: РД-22-01-97. Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследование строительных конструкций специализированными организациями). – М.:ЦНИИПРОЕКТСТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ, 1997. – 26 с.
4. Свод правил: СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*) – М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2011. – 85 с.



**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА  
В Г. КАЗАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК ЛИРА-САПР**

**Каиркенов Х.К.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: khakim.kairkenov@gmail.com*

В данной статье представлены особенности расчета здания торгово-развлекательного комплекса, каркас которого состоит из монолитных железобетонных конструкций, в программном комплексе ЛИРА-САПР. Показано армирование монолитного перекрытия и колонны.

Ключевые слова: торгово-развлекательный комплекс, монолитные железобетонные конструкции, колонны, армирование, ЛИРА-САПР.

Торгово-развлекательный комплекс имеет 3 надземных этажа, 1 цокольный этаж и 1 подземный. Размеры надземной части в осях «А – К» – 69 метров, в осях «4–14» – 68 метров [1].

Шаг колонн по числовым осям – 8 метров, по буквенным – 9 метров.

Здание имеет температурно-деформационный шов шириной 700 миллиметров между осями «8» и «9».

Форма торгового центра – прямоугольник, близкий к квадрату, один угол которого закруглен по радиусу 65 метров.

Наружные стены подземной и цокольной частей толщиной 200 миллиметров.

Фундамент представлен монолитной плитой на естественном основании, грунт тяжелый суглинок с плотностью 1750 кг/м<sup>3</sup>. Данный грунт относится ко 2 группе грунтов по трудности разработки.

Пространственный расчет каркаса здания и расчет монолитной плиты перекрытия производился в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Задание по расчету монолитной ж/б плиты перекрытия:

- исходные данные:
  - а) монолитное безбалочное перекрытие над первым этажом;
  - б) толщина 0,22 метра;
  - в) класс бетона В25;
  - г) сетка колонн 8 × 9 метров;
  - д) при составлении расчетной схемы задаются конечные элементы квадратной формы со стороной 0,4 метра;
- требуется:
  - а) произвести сбор нагрузок в соответствии с [2];
  - б) выполнить расчет армирования с использованием программного

комплекса для расчета и проектирования конструкций ЛИРА-САПР;

в) запроектировать конструкцию в соответствии с [3].

Исходя из результатов расчета (рисунки 1, 2), армирование монолитной плиты производится по верхней и нижней грани с шагом 100 миллиметров, рабочая арматура устанавливается в обоих направлениях. В местах опирания на колонны в верхней зоне предусмотрено дополнительное продольное армирование с шагом 50 миллиметров. В зоне продавливания колонной – дополнительное поперечное армирование с шагом 50 миллиметров.

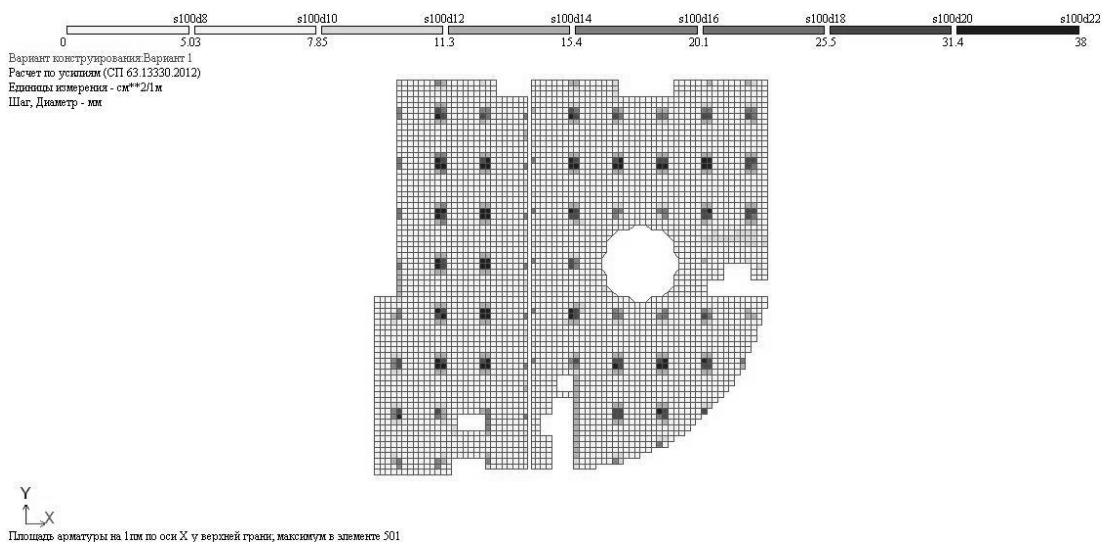


Рисунок 1 – Интенсивность верхнего армирования по оси X

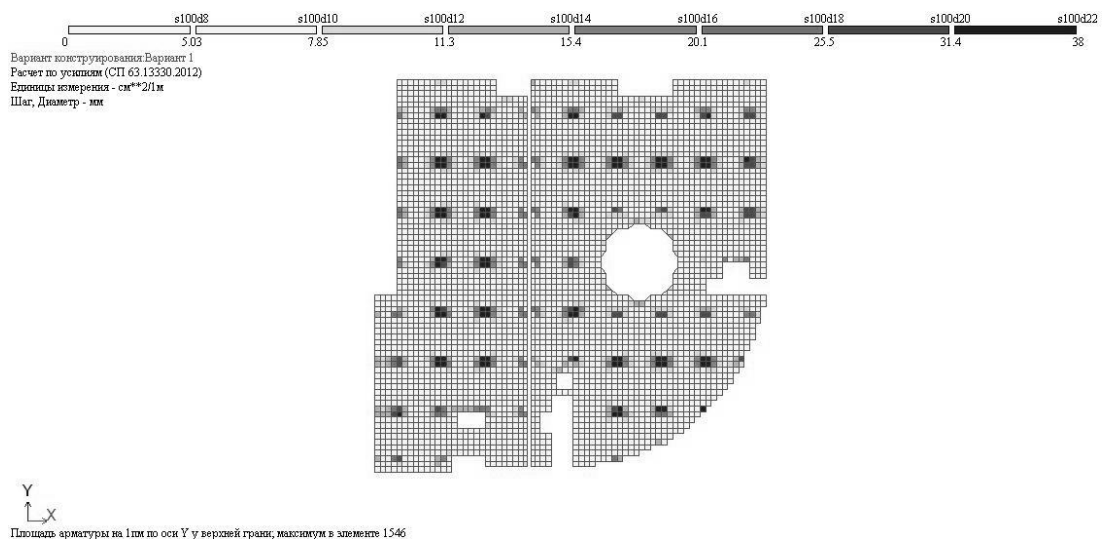


Рисунок 2 – Интенсивность верхнего армирования по оси Y

Колонны приняты сечением 40x40 сантиметров.

Арматура колонны расположена по углам сечения (рисунок 3), поперечное армирование имеет шаг в нижней части 150 миллиметров, по колонне 200 миллиметров. Стыкование вертикальных стержней производится вна-

хлест в местах нулевых моментов.

Колонна К1

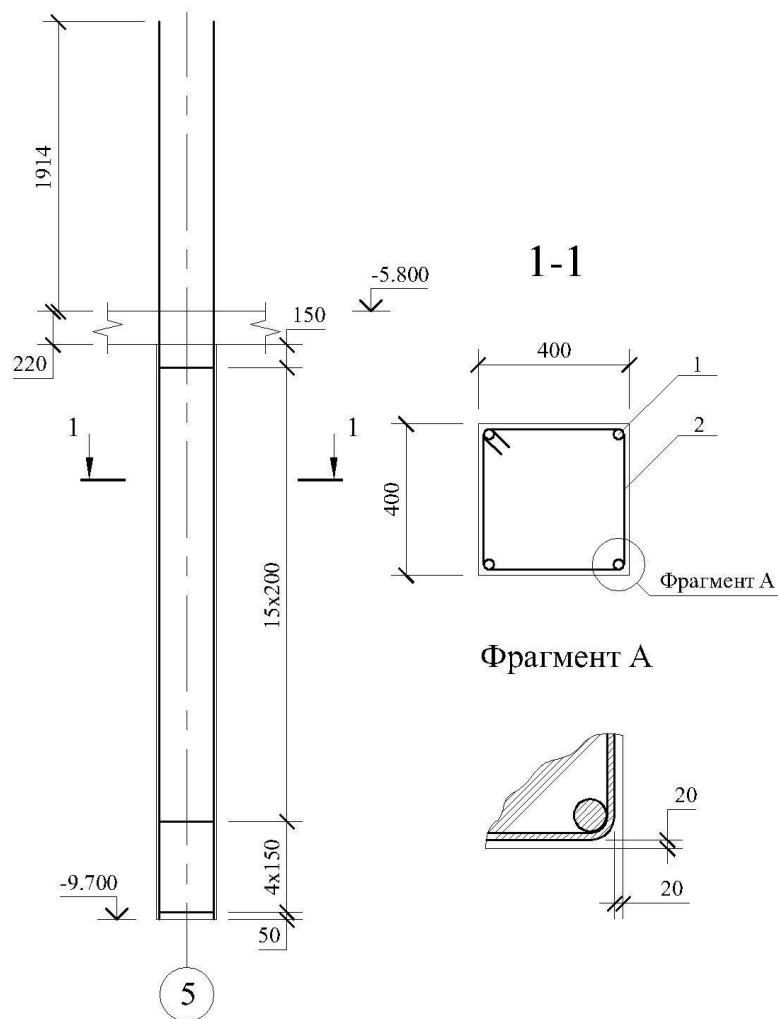


Рисунок 3– Армирование колонн

### Библиографический список

1. Каиркенов Х.К. Особенности конструктивного решения здания торгово-развлекательного центра в г. Казани / Х.К. Каиркенов, Е.А. Алешина // Моделирование и анализ сложных технических и технологических систем : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Самара, 04 марта 2018 г.). – Стерлитамак : АМИ, 2018. – 158 с. – С. 49-51.

2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.07-85\* ; введ. 04.06.17. – Москва : Минрегион России, 2017. – 86 с.

3. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции (с Изменениями N 1, 2, 3) [Текст]. – Взамен СНиП 52-01-2003 ; введ. 01.01.13. – Москва : Минрегион России, 2012. – 152 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ СО СВЕТОАЭРАЦИОННЫМИ ФОНОРЯМИ

**Коровина В.И.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,  
Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: viktoriakorovina@yandex.ru*

Проанализированы особенности проектирования промышленного здания с светоаэрационными фонарями. Приведены характерные отличия расчётов сбора нагрузок на поперечную раму промышленного здания в г. Санкт-Петербурге при наличии светоаэрационных фонарей.

Ключевые слова: светоаэрационный фонарь, сбор нагрузок, особенности промышленного здания.

В покрытиях зданий предусматриваются специальные проёмы с остеклёнными надстройками, называемыми световыми фонарями.

Наравне с освещением фонари предназначены для воздухообмена в помещениях, вследствие чего их называют светоаэрационными. Конструкции фонарей состоят из несущих ограждающих конструкций и связей. Несущими элементами фонарей считаются поперечные фонарные фермы, фонарные панели и панели торца. По форме профиля, конструктивной схеме и характеру поступления естественного освещения световые и светоаэрационные фонари можно поделить на прямоугольные, трапециевидные, треугольные, М-образные: шедовые и зенитные [1].

Покрытие фонаря обычно повторяет конструкцию покрытия здания. Фонари проектируются с наружным водоотводом и покрытие имеет уклон 1:60. Светопрускающее заполнение фонарей укладывают наклонно под углом  $12^\circ$  к плоскости покрытия [2-4].

Вне зависимости от шага стропильных конструкций – 6 м, либо 12 м – номинальная протяжённость панелей принята равной 12 м. Длина фонарей не превышает 84 м.

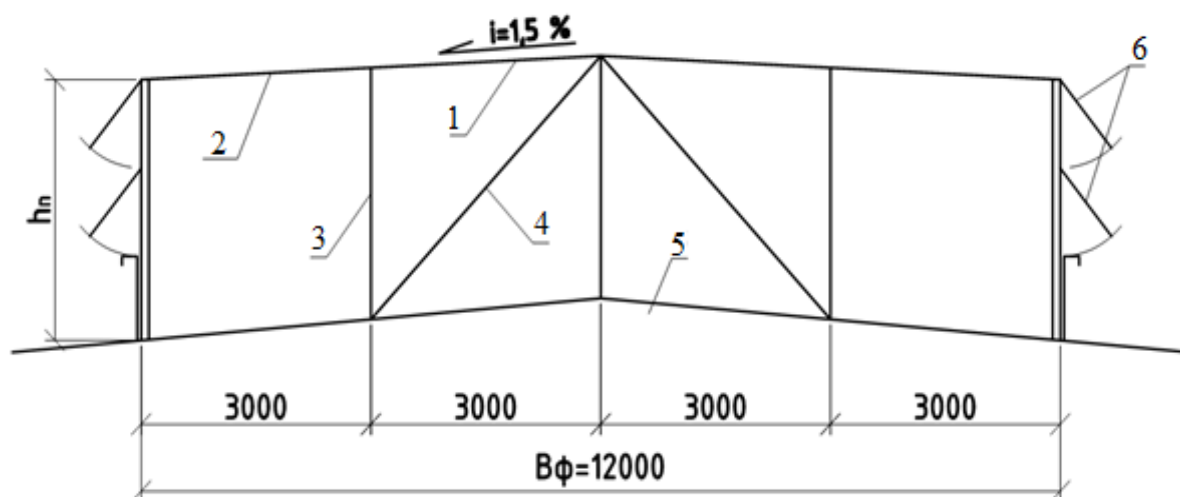
В г. Санкт-Петербурге для судоремонтного предприятия был выбран светоаэрационный фонарь (серия 1.464-11/82) высотой 3 м и шириной 12 м (рисунки 1).

Остекление поверхности в таких фонарях располагается вертикально. Фонари марки ФБ применяются в покрытиях из железобетонных плит.

Фонарные панели состоят из стоек, горизонтальных элементов и листовой обшивки, предусматриваемой в границах высоты борта фонаря.

Панели размещают в плоскостях остекления фонаря и опирают в стропильные системы: верхними горизонтальными опорами служат фонарные

фермы и панели торцов фонарей.



1 - ригель из двух уголков; 2 - ригель из двух швеллеров; 3- стойка из двух уголков; 4 - раскос из двух уголков; 5 - верх несущей конструкции покрытия; 6 - остеклённые переплёты фонаря

Рисунок 1 – Схема светоаэрационного фонаря

В расчёте рамы промышленного здания с наличием светоаэрационных фонарей появляется потребность учёта воздействия фонаря при сборе нагрузок [5].

Расчётная нагрузка от веса покрытия на среднюю колонну будет включать в себя дополнительно вес светоаэрационного фонаря:

$$P_{\text{фонарь}} = (0,5 \cdot P_{\text{фон.фер}} + P_{\text{перепл}} \cdot B) \cdot \gamma_n \cdot \gamma_f,$$

где  $P_{\text{фон.фер}}$  – вес фонарной фермы;

$P_{\text{перепл}}$  – вес переплёта фонаря;

$B$  – шаг колонн;

$\gamma_n$  – коэффициент надёжности по назначению зданий и сооружений;

$\gamma_f$  – коэффициент надёжности по нагрузке.

Из-за разности от нагрузки на колонну справа и слева появляется дополнительный момент в средней колонне (рисунок 2).

При сборе ветровой нагрузки аэродинамический коэффициент  $C_e$  находится по таблицам исходя из уклона. Из-за того что уклон постоянный и равный 1,5%, следовательно, в пределах высоты фонаря аэродинамический коэффициент равен:

- для наветренной стороны – 0,7;
- для подветренной стороны – 0,6.

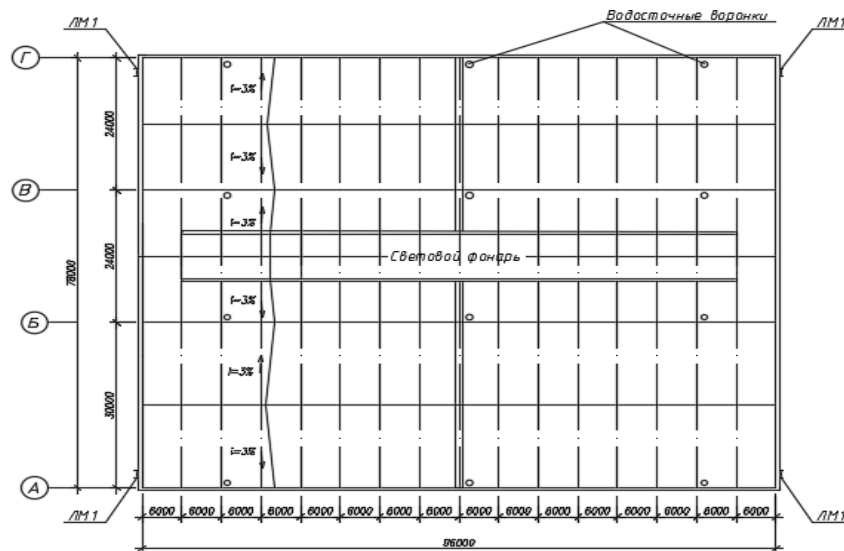


Рисунок 2 – План кровли с предусмотренным светоаэрационным фонарём

### Библиографический список

1. Курсовое проектирование производственных зданий [Текст] : методические указания для бакалавров, обучающихся по направлению «Строительство» / Российский университет дружбы народов ; сост.: Ю. В. Николенко [и др.]. – Москва : Издательство Российского университета дружбы народов, 2012. – 100 с.

2. Алешин Н.Д. Проектирование конструкций цеха ремонта металлургического оборудования в городе Гурьевске с использованием информационных технологий / Н.Д. Алешин и др. // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сборник статей XII Международной научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012.– С. 6-8.

3. Лазарева Е. В. Особенности конструктивных решений здания литейного цеха металлургического комбината в г. Новокузнецке / Е. В. Лазарева ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 190-192.

4. Проклушина Д. Е. Проектирование здания ремонтного цеха пассажирского автопредприятия в г. Новокузнецке с учетом климатических особенностей / Д. Е. Проклушина ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 196-198.

5. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – Москва : Госстрой России, 2011. – 104 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ БЛОКА ОЧИСТКИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В НОВОКУЗНЕЦКОМ РАЙОНЕ**

**КошкарOVA О.И.**

**Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Алешин Н.Н.  
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: rivati@rambler.ru*

В статье рассмотрены особенности конструирования и расчета одноэтажных промышленных зданий из сборных железобетонных конструкций с одинаковым шагом колонн по крайнему и среднему ряду на примере здания блока очистки угольной шахты в Новокузнецком районе.

Ключевые слова: блок очистки, угольная шахта, одноэтажное промышленное здание, металлические конструкции,

Проектируемое здание блока расположено в городе Новокузнецке Кемеровской области. Новокузнецк характеризуется резко континентальным климатом со значительными годовыми и суточными колебаниями температур, а также большим количеством осадков [1], нормативная глубина промерзания грунта – 2,2 м, сейсмичность района строительства 7 баллов.

*Архитектурно-конструктивное решение*

Блок очистки представляет собой отдельно стоящее здание каркасного типа. Конструкции каркаса металлические.

Здание однопролетное, состоящее из двух блоков, в осях 1-4 двухэтажное, в осях 4-11 одноэтажное, прямоугольной формы с размерами в плане 52×24 метров.

Здание имеет один пролёт шириной 24 метра. Высота от чистого пола до низа стропильных конструкций в осях «1-8» – 9,6 метров, в осях «9-11» – 5 метров. Шаг колонн 6 метров.

Здание оборудовано подвесными кранами в осях «1-2» и «4-7» грузоподъемностью 1 тонна, в осях «2-4» подвесным краном грузоподъемностью 2 тонны.

В здании для обслуживания оборудования предусмотрены металлические площадки и лестницы.

На отметке 4,5 метра имеется монолитное перекрытие по металлическим балкам.

Для въезда транспорта в блок очистки предусмотрены двое ворот и шесть дверей для эвакуации людей. В здании используется комбинированная система искусственного освещения. Здание отапливаемое. Покрытие имеет уклон 7 градусов, с внешним водоотводом.

Защемление колонн в фундамент жесткое, стропильных конструкций

со стойками – шарнирное.

Пространственная жесткость и устойчивость каркаса в поперечном направлении обеспечивается за счет однопролетной поперечной рамы. В продольном направлении – за счет постановки вертикальных связей по колоннам [2, 3].

Для крепления торцевых стеновых панелей предусмотрены колонны торцевого фахверка. Шаг колонн фахверка 6 метров. Для навешивания поперечных перегородок устанавливаются фахверковые колонны из двух швеллеров №16.

По технологическим требованиям в бункерном помещении выполнена монолитная железобетонная подпорная стенка с монолитным днищем.

Крепление балок к колоннам шарнирное.

В качестве стенового ограждения используются трёхслойные сэндвич панели. Толщины материалов приняты по теплотехническому расчёту [4].

*Статический расчет поперечной рамы и расчет конструкций*

Подбор сечения колонны и фермы произведены с помощью ПК SCAD Office (рисунок 1). Материал колонны – сталь С255. Колонна имеет профиль 40Ш2.

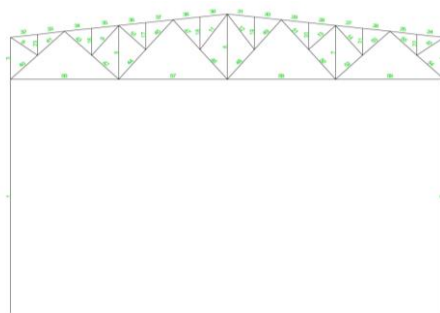


Рисунок 1 – Геометрическая схема поперечной рамы

Металлическая ферма запроектирована из стали С255, монтируется к надколоннику. К узлам фермы крепятся перекидные балки, для крепления монорельса под краны [5, 6].

Фундамент под крайнюю колонну запроектирован на естественном основании. Монолитный ростверк изготавливается из бетона класса В12,5. Армирование ростверка производится сварной сеткой с рабочей арматурой в двух направлениях класса А-400 [7, 8].

*Организация строительного производства*

Разработаны календарный график производства работ и стройгенплан на период возведения надземной части здания. На основании календарного графика общая продолжительность строительства составила 91 рабочий день, строительные работы производились в период с 1 мая по 9 сентября 2017 года.

При разработке стройгенплана произведен расчет складских помещений и площадок, расчет потребности строительства в воде и электроэнергии, установлен состав и площадь временных зданий и сооружений. Монтаж кон-



струкций производится с помощью крана РДК-25.

#### *Экономика строительства*

Выполнен расчет локальной сметы на общестроительные работы, объектной сметы и сводного сметного расчета. Общая сметная стоимость строительства составила 124 605 тыс. рублей, цена 1 м<sup>3</sup> – 41100 рублей.

#### *Безопасность и экологичность проекта*

Произведен анализ условий труда, разработан комплекс мероприятий по обезвреживанию промышленных сточных вод, меры пожарной безопасности и мероприятия при угрозе ЧС.

#### Библиографический список

1. СП 131.13330.2011. Строительная климатология и геофизика. – М: Стройиздат, 1999. – 319 с.

2. Петрович Е.И. Вопросы проектирования зданий погрузки угля / Е.И. Петрович, Н.Н. Алешин, Д.Н. Алешин // 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.Ш. Технические науки. – 194 с. – С. 80-83.

3. Шидловский К.Ю. Особенности проектирования каркасов одноэтажных производственных зданий в сейсмических районах / К.Ю. Шидловский, Н.Н. Алешин, Д.Н. Алешин // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: СибГИУ, 2005г.

4. СП 50.13330.2012. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. – М: Стройиздат, 2004 г. – 30с.

5. Металлические конструкции. Учебник для вузов. Под общ. ред. Е.И. Беленя. Изд. 5е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1980. 600с.

6. Горев ВВ "Металлические конструкции" (том 1). Издание третье, стереотипное. Москва "Высшая школа" 2004.

7. Лазарева Е. В. Особенности конструктивных решений здания литейного цеха металлургического комбината в г. Новокузнецке / Е. В. Лазарева ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 190-192.

8. Проклушина Д. Е. Проектирование здания ремонтного цеха пассажирского автопредприятия в г. Новокузнецке с учетом климатических особенностей / Д. Е. Проклушина ; науч. рук.: Д. Н. Алешин, Е. А. Алешина // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : СибГИУ, 2015. – Вып. 19. – Ч. 4 : Естественные и технические науки. – С. 196-198.

## ОСОБЕННОСТИ СБОРА НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ КОНВЕЙЕРНОЙ ЭСТАКАДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Левина С.П.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Алешин Н.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: dans3575@gmail.com*

Представленной статьей рассматриваются особенности сбора нагрузок на строительные конструкции промышленного сооружения – конвейерной эстакады, находящейся в Новокузнецком районе Кемеровской области. Особое внимание уделено сбору и определению строительных, технологических и атмосферных нагрузок, действующих на несущие и ограждающие конструкции галерей эстакады.

Ключевые слова: конвейерная эстакада, галерея, поперечная рама арочного типа, ограждающие конструкции, сбор нагрузок, расчет рамы, особенности проектирования.

Основной состав конструкций конвейерной эстакады: надземная горизонтальная и наклонная транспортерные галереи мостового типа (с пролетными балками и фермами на жесткой и шарнирных опорах) большой протяженности с поперечными рамами арочного типа, со встроенным зданием натяжной станции между галереями. По всей длине конвейерной эстакады размещается ленточный конвейер с шириной ленты 1 м для транспортировки сыпучего материала, в данной случае угля.

Типы учитываемых нагрузок, действующих на конструкции: атмосферные воздействия; вертикальные нагрузки; продольные нагрузки; динамические нагрузки; нагрузки от отложения производственной пыли; аварийные нагрузки от обрыва и заклинивания ленты транспортера.

Коэффициенты надежности по нагрузке для перехода к расчетным нагрузкам принимаются по [2].

Нагрузки, действующие на галерею, приведены в таблице 1.

Вертикальная сила  $Q_v$  включает вес транспортируемого груза, ленты, рядовых и центрирующих роlikоопор, станины конвейера.

Продольная сила  $Q_{\text{п}}$  включает в себя продольную составляющую от веса транспортируемого груза и ленты конвейера, силу сопротивления движению ленты на роlikоопорах, силы инерции от изменения скорости вращения, роlikов при пуске. Все составляющие силы  $Q_{\text{п}}$  направлены вверх по уклону.

Величины нормативных вертикальных сил  $Q_v$  и продольных сил  $Q_{\text{п}}$  от одной стойки станины при шаге стоек 3 м для лент различной ширины в за-

висимости от насыпной плотности транспортируемого груза приведены в [1, табл. 4,5].

Таблица 1- Нагрузки, действующие на конвейерную эстакаду

Вид нагрузки	Наименование нагрузки	Классификация по [2]
Строительная	Вес несущих стальных конструкций, ограждения, теплоизоляции	Постоянные
Технологическая	Вес груза на ленте	Длительные
	Вес промпроводок	
	Вес конструкций конвейера	
	Сопротивление движению ленты	
	Ремонтная	Кратковременные
	Нагрузка от пуска конвейера	
	Вес просыпи при расчете элементов перекрытия	
	Нагрузка от обрыва или заклинивания ленты	Особые
Атмосферная	Вес пыли на покрытии	Длительная
	Вес снега	Кратковременные
	Давление ветра	

Нагрузки от конвейера передаются на перекрытие пролетного строения в виде вертикальных  $Q_v$  и продольных  $Q_n$  сил от каждой опоры стойки конвейера (рисунок 1).

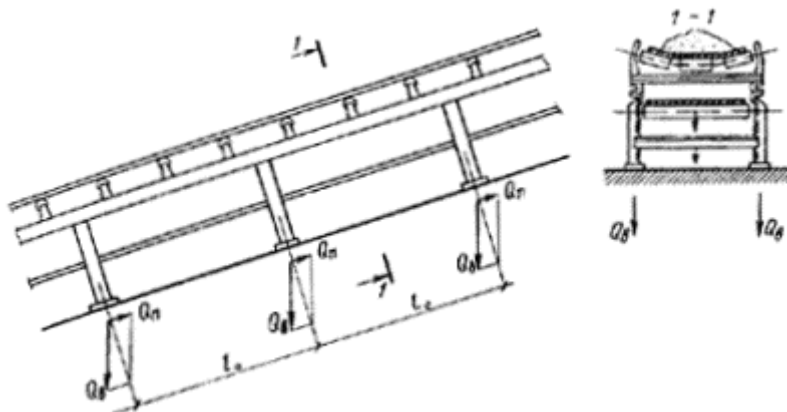


Рисунок 1 - Схема технологических нагрузок от конвейера

Значение нормативной нагрузки от веса просыпи, людей и ремонтных материалов для расчета конструкций пролетных строений принимается по [1, табл. 7].

Нагрузки от обрыва и заклинивания ленты возникают при аварийных режимах работы конвейера и воспринимаются в основном конструкциями, расположенными вне пролетного строения галереи. Однако для повышения надежности конструкций галереи часть этой нагрузки учитывается в расчете.

Величина усилия принимается условно, независимо от числа лент, равной 100 кН при ширине ленты 1000 мм и менее, и 300 кН - при ширине ленты 2000 мм. Усилие передается на перекрытие через стойки конвейера по

направлению движения верхней ветви ленты и может быть приложено в любом месте по длине галереи.

Продольные нагрузки от ленточных конвейеров учитываются при расчете неподвижных опор галерей, а также при определении усилий в нижних поясах продольных несущих конструкций пролетных строений.

Вес снегового покрова на покрытии учитывается в соответствии с указаниями [1] и [2].

Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяется с помощью коэффициента перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, равного 0,8, который учитывает небольшую ширину галерей.

При расчете основных продольных несущих конструкций пролетного строения коэффициент надежности по нагрузке следует принимать 1,4. При расчете конструкций покрытия коэффициент должен приниматься равным 1,4 - 1,6 в зависимости от отношения нормативного значения веса покрытия к нормативному значению снеговой нагрузки.

Определение ветровой нагрузки на галереи производится в соответствии со СНиП 2.01.07-85 и СНиП 2.09.03-85.

Вес отложений пыли определяется на основании опытных данных для конкретной площадки строительства и указывается в задании на проектирование в соответствии с ведомственными нормами. В случае отсутствия конкретных указаний рекомендуется для производств со средним уровнем выделения пыли принимать вес пыли равным 500 Па.

Нагрузки на опоры галерей определяются в зависимости от типа опор.

Нагрузки на шарнирные (плоские) опоры состоят из вертикального опорного давления, передающегося на опору с пролетного строения, и горизонтальной ветровой нагрузки, передающейся на опору с пролетного строения, а также воспринимаемой самой опорой. На неподвижные (пространственные) опоры принимаются те же воздействия, а также продольные технологические нагрузки, собранные с температурного блока пролетного строения и направленные вдоль оси галереи.

#### Библиографический список

1. Пособие к СНиП 2.09.03-85. Пособие по проектированию конвейерных галерей. [Текст]. – Введ. 07.05.1987. – М.: Стройиздат, 1987. - 130 с.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – Москва : Госстрой России, 2011. – 104 с.
3. Руководство по проектированию транспортерных галерей. [Текст]. – Введ. 06.04.1979. - М.: Стройиздат, 1979. – 28 с.
4. Пасынков Б.П. Исследование поперечных динамических нагрузок от ленточных конвейеров и их воздействий на конструкции эстакад //Строительное проектирование промышленных предприятий,- М., 1970.- № I.

## ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

**Мамонтова Е.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: mamontova.elizaveta@mail.ru*

В статье представлены особенности проектирования административных зданий, их специфика и особенности, на примере АБК в поселке Притомский.

Ключевые слова: административные и бытовые здания, планировка зданий, группы помещений, архитектурное решение.

Административные и бытовые здания предназначены для размещения в них помещений социальных служб предприятий. Помещения, относящиеся к сфере обслуживания трудящихся, называются бытовыми, а помещения, предназначенные для размещения в них служб координации деятельности производства, его управления — административными [1].

Проектирование административных зданий основывается на принципах синтеза функциональных, архитектурно-художественных, технических и экономических сторон. Целью проектирования является нахождение таких решений административных зданий, которые наиболее полно отвечают своему назначению, удобны для той или иной деятельности людей, обеспечивают зданиям прочность, экономичность возведения и эксплуатации [2].

Архитектурное решение административно-бытовых зданий выполняют в соответствии с окружающей застройкой, учетом градостроительных, региональных, национальных и климатических условий района строительства. Административные и бытовые помещения размещают в местах с наименьшими воздействиями шума, вибрации, других производственных факторов вредности. Вместе с тем социальные объекты предприятий должны располагаться вблизи производственных объектов. Степень приближения этих зданий и помещений зависит от их назначения. К максимально приближенным к производству можно отнести помещения обслуживания, используемые в течение смены. Удаленность от рабочих мест гардеробных, душевых и других помещений обслуживания определяется условиями рациональной планировочной организации проектируемого объекта.

Всю совокупность основных помещений, включаемых в здания, можно подразделить на несколько блоков: гардеробный блок, столовая, здравпункт, блоки помещений управлений, конструкторских бюро, учебных занятий.

Принцип зонирования применим также к размещению отдельных помещений внутри указанных блоков. Так, в крупных заводских столовых целесообразно выделение отдельных помещений обеденных залов с относящимися к ним раздаточными устройствами и подсобными помещениями для обслуживания пользующихся различными категориями питания — общего, диетического, лечебно-профилактического, либо работающих на участках производства с резко различающимися условиями труда.

Выделение групп помещений по функциональному признаку целесообразно и при проектировании крупных объектов административно-технического назначения, которые в зависимости от величины может оказаться необходимым расчленять на отдельные функциональные группы помещений (рабочие помещения, библиотека, зал совещаний и др.), приобретающие значения самостоятельных блоков.

Зонирование тесно связано с требованиями эргономики, например, рациональной организации естественного освещения различных групп помещений, определяющими размещение их по этажам зданий — в надземных, цокольных или подвальных этажах.

Геометрические параметры зданий касаются высоты этажей, этажности зданий, расстояний между несущими элементами и соотношения сторон зданий в плане. Так, минимальная высота этажей зданий может быть равной 2,8 м, а в IA, 1Б, 1Д и IVA климатических подрайонах — 3,0 м. Этажность зданий принимают в зависимости от характера и назначения помещений, требуемой связи их с производственными помещениями, условий застройки. При определении этажности административно-бытовых зданий учитывают градостроительный фактор и композиционную роль объекта в общей застройке предприятия.

Непосредственное естественное освещение предусматривают в административных помещениях, помещениях для учебных занятий, читальных залах библиотек и архивов, перевязочных, комнатах приема больных, а также дежурного медицинского персонала здравпунктов, в помещениях культурного обслуживания (за исключением залов собраний), в обеденных залах, в помещениях отдыха, оздоровительно-восстановительных и т.п. Остальные помещения могут или не иметь естественного освещения, или обеспечиваться им через остекление в перегородках, отделяющих их от помещений с непосредственным естественным освещением (вторым светом). Поскольку к постоянным рабочим местам относятся те, которые используются более 50% рабочего времени смены, можно не предусматривать непосредственное естественное освещение помещений мастеров и другого персонала, находящихся в производственных зданиях [3].

При планировке зданий и размещении их на участке не рекомендуется ориентировать помещения с постоянными рабочими местами на юго-

западный сектор, а при неизбежности такой ситуации следует предусматривать солнцезащитные устройства на оконных проемах. Выбор типа СЗУ обуславливается величиной и продолжительностью солнечной радиации, и ориентацией окон здания по сторонам горизонта с учетом режима пользования помещениями.

Элементами, формирующими поэтажную объемно-планировочную структуру зданий, являются входы, вестибюли, коридоры, лестницы, а также различные подразделения обслуживания трудящихся и управления производством.

Входы в здания устраивают, как правило, через тамбуры, предназначенные для защиты зданий от охлаждения, проникания пыли, осадков. Входные тамбуры могут быть пристроенные или встроенные.

Вестибюли являются начальными пунктами людских потоков в начале смены. Они же служат и конечными пунктами движения трудящихся по окончании смены и во время эвакуации. В них целесообразно размещать элементы и устройства для массовой информации и наглядной агитации, для различного рода услуг (киоски печатных изданий, торговые автоматы, бюро заказов на бытовые услуги и др.), гардеробные уличной одежды для административно-технического персонала, контрольно-пропускные пункты.

Лестницы в многоэтажных зданиях могут быть закрытые — в лестничных клетках, внутренние и наружные. Закрытые лестницы освещаются через окна в наружных стенах или через фонари в покрытиях лестниц.

При разработке генерального плана и объемно-планировочных решений для АБК в поселке Притомский были применены правила и принципы, описанные в данной статье, что положительно сказалось на рациональности расположения помещений и помогло эргономично вписать здание в окружающую архитектурную картину.

#### Библиографический список

1. Маклакова Т.Г., Нанасова С.М. Конструкции гражданских зданий. / Стройиздат, 1986.
2. Гельфонд А.Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений. / Архитектура. - С. 2008.
3. Рожин И.Е. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений. / Стройиздат, 1985.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Пеньшина Е.Е.

**Научные руководители: канд. техн. наук Алешин Д.Н.,  
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: azilpens@yandex.ru*

В работе представлены особенности конструирования фундамента под сборную железобетонную колонну одноэтажного промышленного здания на примере здания ремонтно-механического цеха в г. Междуреченске.

Ключевые слова: фундамент промышленного здания, столбчатый фундамент, фундамент под железобетонную колонну.

Фундаменты промышленных зданий имеют существенное отличие от классических монолитов для жилых строений. Конструкция фундамента зависит от его размеров, подпорок, которые используются в отдельном случае, а также от физических и механических свойств грунтов основания и местных инженерно-геологических процессов и явлений.

Под сборные железобетонные колонны применяют железобетонные сборные или монолитные фундаменты стаканного типа.

Сборные фундаменты включают в свой состав: плитное основание, устанавливаемое на песчаную или щебневую подложку в оборудованном котловане; стаканый подколонник (элемент для будущего размещения колонны); опорные колонны под каркас здания.

Монолитные железобетонные фундаменты имеют симметричную ступенчатую форму с двумя или тремя прямоугольными ступенями и подколонником, в котором размещен стакан для колонны. Дно стакана располагается на 50 мм ниже проектной отметки низа колонны, с тем, чтобы после распалубки фундамента путем подливки слоя цементного раствора (или бетона) компенсировать возможные неточности в размерах и заложении фундаментов.

За счет достаточно широкой площади опорной части возводить такие фундаменты рекомендуется на устойчивых грунтах, исключая строительство на пучинистых и подверженных просадке грунтах.

Конструирование фундамента под железобетонную колонну начинают с определения размеров подколонника и стакана. Рекомендуется принимать типовые размеры верха фундамента (в зависимости от сечения колонны).

Размеры фундамента должны быть модульными, в плане и по высоте кратны 300 миллиметрам, при этом высота ступеней равна 300 и 600 миллиметров (рисунок 1).



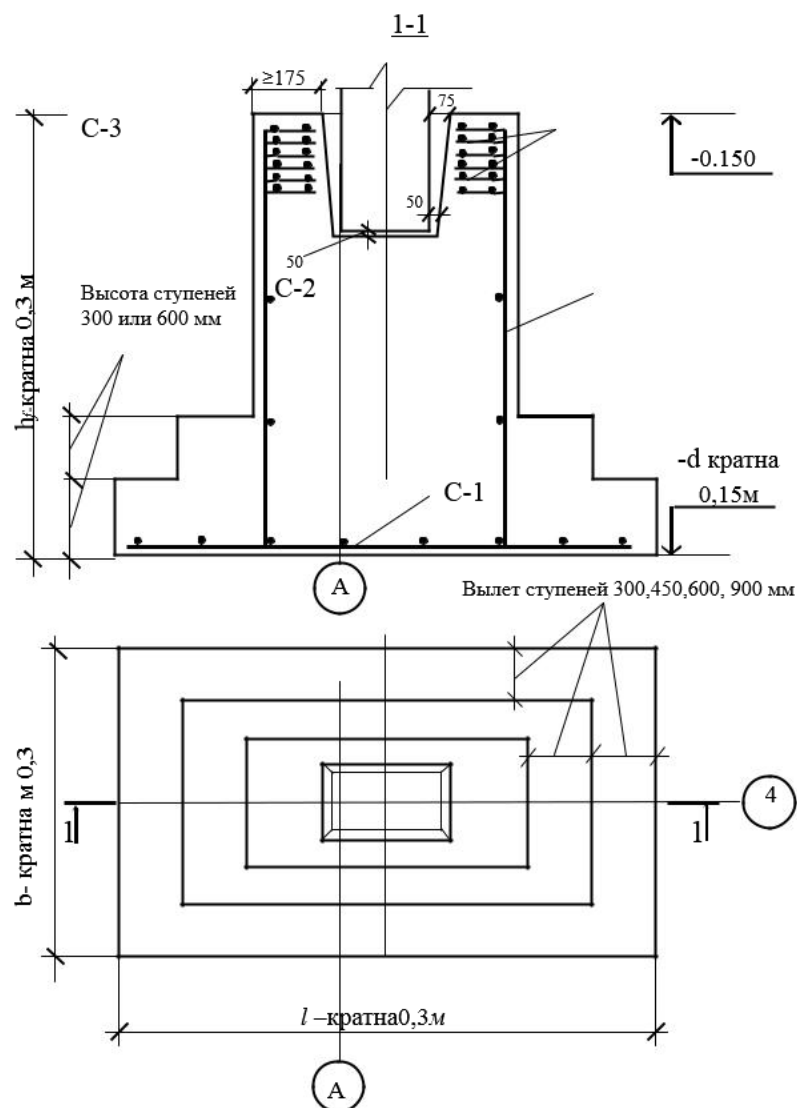


Рисунок 1 – Столбчатый фундамент под крайнюю рядовую колонну

Конструирование фундамента ступенчатой формы выполняют вначале в плоскости большего размера  $l$  (рисунок 1). Для этого на отметке минус 0,150 метра откладывают соответствующий размер подколонника симметрично оси фундамента. Количество ступеней – от одной до трех. При этом вылет ступеней по размеру должен быть не меньше высоты ступени (300, 450, 600 и 900 миллиметров). Аналогично конструируют фундамент в направлении короткой стороны  $b$ . В результате число ступеней по обеим его сторонам не должно отличаться более чем на одну. Желательно же одинаковое их количество.

На строительной площадке предпочтительно применять столбчатые фундамента из монолитного тяжелого бетона классов В10, В12,5, В15, В20 (с минимальной маркой по морозостойкости F50).

Плитная часть фундамента проверяется расчетом на продавливание. При этом продавливающая сила должна быть воспринята бетонным сечением, как правило, без постановки поперечной арматуры.

Различают две схемы расчета на продавливание:

- при сопряжении сборной колонны с высоким фундаментом с высотой подколонника, удовлетворяющей условию:

$$h_{cf} - d_p \geq 0,5 \cdot (l_{cf} - l_c),$$

где  $h_{cf}$  – высота подколонника;

$d_p$  – глубина стакана;

$l_{cf}$  – длина поперечного сечения подколонника;

$l_c$  – длина поперечного сечения колонны.

В этом случае продавливание плитной части рассматривается от низа подколонника на действие продольной силы  $N$  и изгибающего момента  $M$ );

- при сопряжении сборной колонны с низким фундаментом. В этом случае расчет ведется на продавливание колонной от дна стакана при действии только продольной силы  $N$ .

Фундамент армируется следующим образом: плита - сеткой С-1 из стержней класса А400 и диаметром не менее 10 миллиметров вдоль стороны с размером до 3 метров и 12 миллиметров при размере больше 3 метров с шагом 200 миллиметров (рисунок 1); подколонник – двумя сетками С-2 из стержней класса А240 и А400. Продольная рабочая арматура класса А400 диаметром не менее 10 миллиметров ставится с шагом 200 миллиметров, а поперечная арматура класса А240 диаметром не менее 6 миллиметров с шагом 600 миллиметров. Подбор диаметра арматуры осуществляется в результате расчета фундамента по прочности.

Армируется и стакан столбчатого фундамента. Поперечную арматуру назначают конструктивно в виде сеток С-3 из парных стержней 8 А400 с шестью сетками при наибольшем значении эксцентриситета ( $e > l_c/2$ ) и с пятью сетками в остальных случаях. Шаг сеток в первом варианте  $50+2 \times 100+2 \times 200$ , во втором варианте  $50+2 \times 100+200$ . Верхняя сетка заглублена от обреза на 50 миллиметров, нижняя ставится выше торца колонны не менее чем на 50 миллиметров.

Под фундаментом, как правило, устраивается подготовка из бетона толщиной 100 миллиметров (с выпуском за грань плиты фундамента не менее чем на 150 миллиметров). При этом толщина защитного слоя бетона принимается равной 35-70 миллиметров.

Для опирания наружных стен и сооружения цоколя необходимо предусмотреть фундаментные балки. Размеры их зависят от шага колонн, ширины наружных стен и размеров подколонника.

Фундаментные балки опираются на бетонные столбики, ширина которых должна быть не менее максимальной ширины балки, а обрез на отметке минус 0,35 метра или минус 0,65 метра (в зависимости от ее высоты).

При проектировании здания ремонтно-механического цеха в г. Междуреченске на основании проведенных расчетов законструирован отдельно

стоящий фундамент под сборную железобетонную колонну. С учетом инженерно-геологических условий фундамент принят свайный, с пятью висячими сваями. Армируется ростверк сеткой в плитной части, вертикальными каркасами и горизонтальными сетками в подколоннике.

#### Библиографический список

1. СП 22.13330. Основания зданий и сооружений. – м.: ФГУП ЦПП,2011..
2. СП 50-101-2004.Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – м.: ФГУП ЦПП,2004..
3. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СП 22.13330.).
4. Пособие по проектированию фундаментов на естественном основании под колонны зданий и сооружений (к СНиП 2.03.01 84). - М.: ЦИТП ГосстрояСССР,1985-52с.

УДК 69.058/.059

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ВИЗУАЛЬНОГО И ДЕТАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЯ УЧАСТКА ДЕКОМПОЗИЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА**

**Поправка И.А.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук Алёшин Д.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В данной статье представлены результаты визуального и детального инструментального обследования здания участка декомпозиции алюминиевого завода, проведённого в ноябре 2017 года.

Ключевые слова: декомпозиция, обследование, строительные конструкции, дефекты, повреждения.

Заключительным этапом работ по обследованию, является оценка технического состояния, составление дефектной ведомости и схем расположения дефектов в соответствии с [1].

В рамках настоящей работы выполнено:

- обмерные работы с измерением необходимых геометрических параметров зданий, конструкций, их элементов и узлов;
- определение фактических характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов (неразрушающими методами);
- оценка состояния фундаментов и грунтов оснований (визуально) по косвенным признакам;

- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений.

*Результаты обмерных работ.*

При анализе результатов обмерных работ и контроля пространственного положения несущих конструкций здания установлено:

- большинство замеренных геометрических характеристик элементов строительных конструкций здания соответствуют проектным значениям;

- сечения отдельных элементов незначительно отличаются от данных проектной и рабочей документации;

- выявленные отклонения не превышают допуски по [2] и складываются из погрешности измерений и отклонений, допущенных при строительно-монтажных работах.

*Состояние фундаментов и основания.*

Состояние фундаментов здания определялось по косвенным признакам.

Повреждений и деформаций, указывающих на потерю несущей способности фундаментов и оснований не обнаружено – осадки оснований под подошвой фундаментов зданий равномерны.

Равномерность осадок, а также целостность фундаментов подтверждается результатами определения пространственного положения несущих конструкций.

Выводы: основание и фундаменты здания участка декомпозиции находятся в работоспособном состоянии.

*Оценка качества примененных материалов.*

Для изготовления несущих стальных конструкций применена сталь марки Ст3 мартеновская, поставляемая по группе А [3] с дополнительными гарантиями: предела текучести; предельного содержания углерода, серы и фосфора; свариваемости.

Качество и прочностные характеристики материалов металлических и железобетонных конструкций, принятые в рабочих чертежах, подтверждены результатами настоящего обследования, в том числе:

- актами определения твердости стали отдельных элементов стальных несущих конструкций методами неразрушающего контроля;

- актами определения прочности бетона отдельных элементов несущих железобетонных конструкций методами неразрушающего контроля.

Дополнительных исследований материалов конструкций не требуется.

При анализе результатов обследования установлено, что дефектов и повреждений, свидетельствующих о несоответствующем качестве материалов строительных конструкций, не обнаружено.

Вывод: все материалы конструкций соответствуют требованиям действующих нормативных документов.

*Выявленные дефекты и повреждения.*

В результате обследования были установлены дефекты и повреждения [4], которым в соответствии с [2] были присвоены классы опасности «Б» и

«В»:

Дефекты в районе отметок +1,500 метра и +6,800 метра:

- нулевой защитный слой бетона колонн под декомпозиёры, оголена арматура, поверхностная коррозия оголённой арматуры;
- разрушение кирпичной кладки стенового ограждения, следы замачивания и отложение промпродукта.

Дефекты монолитного железобетонного перекрытия на отметке +6,800 метра (рисунок 1):

- нулевой защитный слой бетона перекрытия, оголена арматура, поверхностная коррозия оголённой арматуры. Следы замачивания, высолы;
- демонтированы участки перекрытия;
- разрушение участков перекрытия, сквозные отверстия. Общая деформация, оголены арматурные стержни. Нарушено сцепление арматурных стержней с бетоном и коррозия арматурных стержней в теле бетона. Существует опасность обрушения перекрытия;
- скопление отложений промпродукта и пыли высотой до 1 метра на перекрытии (непроектная нагрузка);

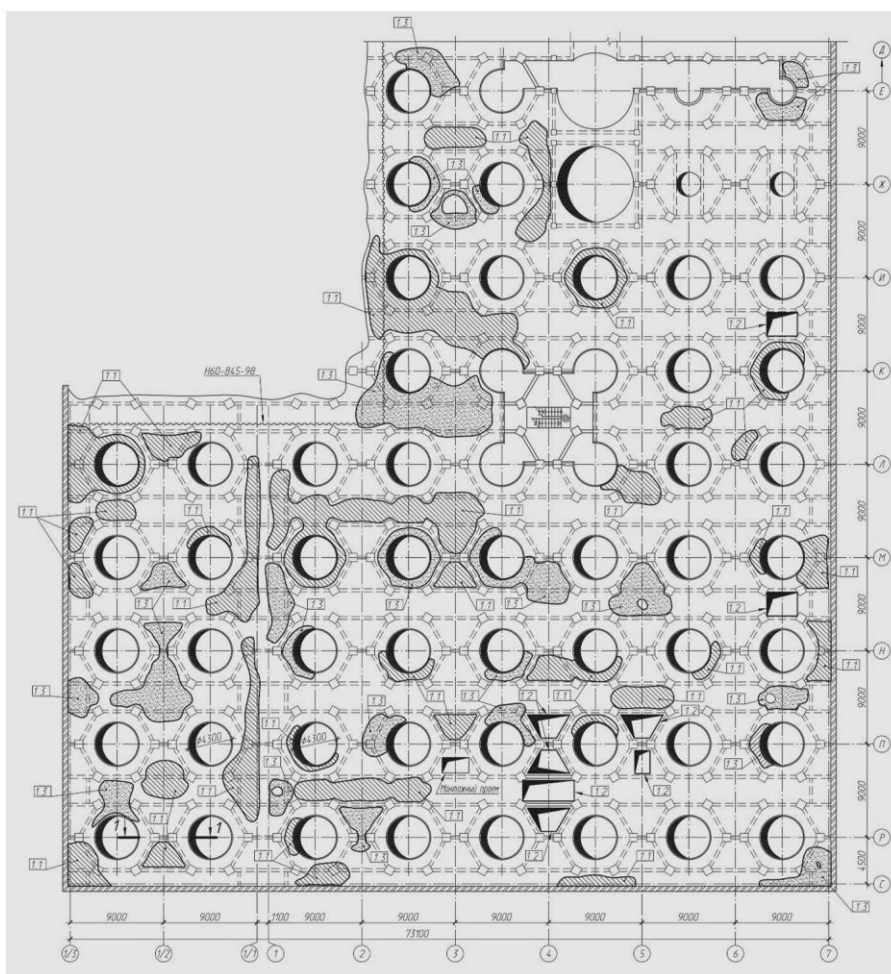


Рисунок 1 – Места расположения дефектов перекрытия на отм. +6,800 метра

Дефекты покрытия (рисунок 2):

- нулевой защитный слой бетона плит покрытия, оголена арматура, поверхностная коррозия оголённой арматуры. Следы замачивания, высолы;
- общий прогиб и разрушение плит покрытия. Разрушен защитный слой бетона, оголена арматура, коррозия арматурных стержней в теле бетона. Существует опасность обрушения плит покрытия.

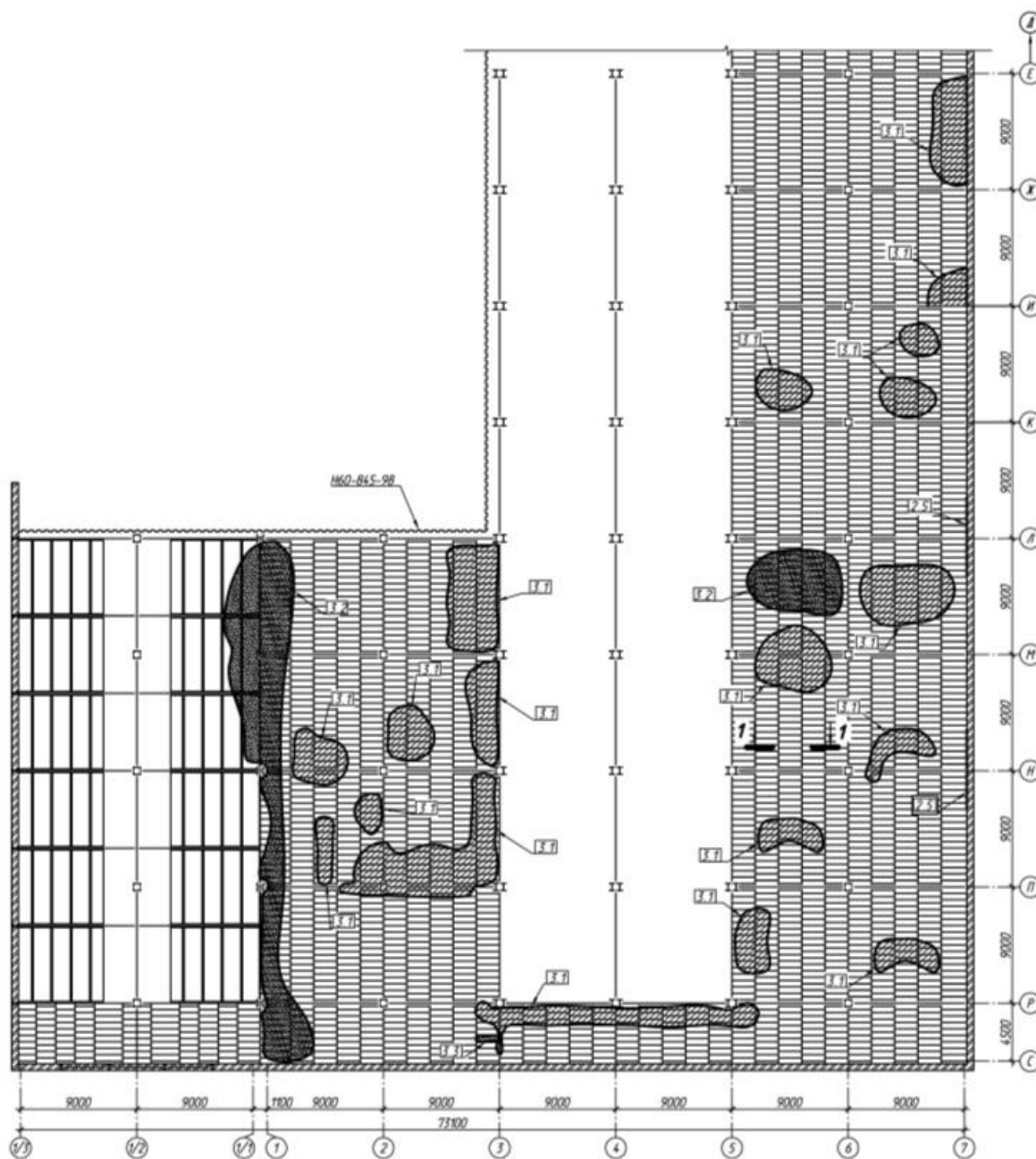


Рисунок 2 – Места расположения дефектов покрытия

Вертикальная сила  $Q_v$  включает вес транспортируемого груза, ленты, рядовых и центрирующих роlikоопор, станины конвейера.

Продольная сила  $Q_n$  включает в себя продольную составляющую от веса транспортируемого груза и ленты конвейера, силу сопротивления движению ленты на роlikоопорах, силы инерции от изменения скорости вращения, роlikов при пуске. Все составляющие силы  $Q_n$  направлены вверх по уклону.

Общие дефекты по фасадам и кровле:

- эрозия отдельных участков кирпичной кладки стенового ограждения фасадов на глубину до 20 миллиметров;

- нарушение системы внутреннего водостока. Засорение водоприемных воронок. Скопление воды на кровле в районе ендовы.

Все вышеперечисленные дефекты вызваны длительной эксплуатацией здания, а также внешними факторами, оказывающими влияние на несущую способность конструкций перекрытия, такими как: длительное влияние сильноагрессивной среды, нарушение тепловлажностного режима и протекающими вследствие этого процессами коррозии в строительных конструкциях [6].

При анализе характера и параметров выявленных дефектов и повреждений установлено, что их наличие снижает общую несущую способность отдельных конструкций и элементов и влияет на долговечность конструкций всего здания. Следовательно, строительные конструкции здания участка декомпозиции находятся в ограниченно работоспособном состоянии [7, п. 3.12].

#### Библиографический список

1. Руководящий документ: РД-22-01-97. Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследование строительных конструкций специализированными организациями). – М.:ГОСРОСТЕХНАДЗОР России, 1997. – 26 с.

2. Свод правил: СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. – М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013. – 203 с.

3. ГОСТ 380-50. Сталь углеродистая горячекатаная обыкновенного качества. Классификация и общие технические условия.

4. Поправка И.А., Алешин Д.Н. Обследование и реконструкция несущих конструкций здания газоочистки 1-ой серии Иркутского алюминиевого завода в г. Шелехов // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16-18 мая 2017 г. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – Вып. 21. – Ч. 5: Технические науки. – 390 с. – С. 294-297.

5. Поправка И.А., Алёшин Д.Н., Алёшина Е.А. Обследование и оценка технического состояния монолитного железобетонного перекрытия здания участка декомпозиции // Фундаментальные проблемы основных направлений научно-технических исследований: Сборник статей по итогам Между-

народной научно-практической конференции (Волгоград, 17 марта 2018 г.). - Стерлитамак: АМИ, 2018. - 115 с. – С. 84-88.

6. Ремнёв В.В., Морозов А.С., Тонких Г.П. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. д-ра техн. наук профессора В.В. Ремнёва. – М.: Маршрут, 2005. – 196 с.

7. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2014. – 55 с.

УДК 69.032.22

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ**

**Олещук А.В.**

**Научные руководители: Матвеев А.А.,  
канд. техн. наук, доцент Алешин Д.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: oleshchuk77@yandex.ru*

В статье рассматриваются решения проектирования большепролетных, высотных и других уникальных зданий.

Ключевые слова: уникальность, технические условия, большепролетные конструкции, исследования, экспертиза, нагрузки.

Виды большепролетных, высотных и других уникальных зданий и сооружений определены Градостроительным Кодексом Российской Федерации (гл.6, ст.48.1 «Особо опасные, технически сложные и уникальные объекты»). Большепролетными зданиями и сооружениями являются здания и сооружения, покрытия которых выполнено с применением большепролетных конструкций с величиной пролета более 36 м. Высотными зданиями и сооружениями являются здания и сооружения высотой более 75 м.

К уникальным относятся здания и сооружения, удовлетворяющие следующим условиям:

- используются конструкции и конструктивные схемы с применением нестандартных или специально разработанных методов расчета, или требующих проверки на физических моделях;

- здания и сооружения, возводимые на территориях, сейсмичность которых превышает 9 баллов.

К уникальным относятся здания и сооружения с высотой превышающей 100 м, или величиной пролета более 100 м, или с вылетом консоли более 20 м, или если заглубление подземной части относительно планировочной отметки земли более чем на 15 метров. К уникальным зданиям и соору-



жениям относятся также спортивно-зрелищные, культовые сооружения, выставочные павильоны, торговые и развлекательные комплексы и другие с расчетным пребыванием внутри объекта более 1000 человек или более 10000 человек вблизи.

*Техническое задание на проектирование* уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений должно содержать следующую информацию:

- обоснование научно-технического сопровождения проекта трехстадийного проектирования, экспертизы на всех этапах, разработку нескольких вариантов концептуального проекта, затрат на проверку основных расчетов и инженерных решений дублирующей проектной бригадой;

- согласование расходов на моделирование, а в необходимых случаях и на проектирование, строительство и испытания крупномасштабной модели;

- подтверждение дополнительных геодезических и инженерно-геологических изысканий;

- описание участка строительства и расположенных вблизи строений;

- обоснование обследований близлежащих зданий, укрепления их оснований и фундаментов, несущих и ограждающих конструкций;

- описание особых условий строительства;

- определение степени ответственности сооружения, назначение коэффициента ответственности;

- сведения о конструкциях, инженерном оборудовании и материалах;

- обоснование комплексного мониторинга и включения в проект новых разделов «Паспорт объекта» и «Требования к эксплуатации объекта»;

- задание на подготовку Специальных Технических Условий (СТУ) на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта;

- другая (дополнительная) информация.

*Особенности предпроектной подготовки* заключаются в решениях определенных вопросов.

- выбор площадки и отвод земельного участка;

- градостроительное задание;

- разрешение на подключение к инженерным сетям.

*Особенности расчетов.*

Уникальные, большепролетные и высотные здания и сооружения при расчетах необходимо рассматривать как единые пространственные системы, в которые входят основания и фундаменты, каркас и покрытие. Обязательной составной частью должны быть расчеты на статические и динамические нагрузки на конструкцию и ее элементы при изготовлении и транспортировке.

На стадии «Проект» определяются сечения основных элементов и происходит переход от сложной к упрощенной схеме, а затем последовательно добавляются усложняющие элементы и определяется их влияние на работу. На стадии рабочего проектирования расчетная схема максимально приближается к действительной единой пространственной системе. Широкое при-

менение в расчетах получили численные методы, дающие возможность успешно применять современную вычислительную технику. Эти методы позволяют учесть различные виды загружений, особенности конструкции, геометрию поверхности земли, переменные сечения элементов, проемы в конструкции и другие особенности. Во многих случаях удается применять стандартные вычислительные комплексы. Для достижения достаточной точности необходимо сравнивать результаты. Большое внимание при проектировании уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений необходимо уделять защите их от прогрессирующего обрушения. Именно поэтому особенно тщательно необходимо учитывать нагрузки на колонны, а также на конструкции фундаментов. Следует предусматривать необходимые мероприятия при возникновении аварийных ситуаций, в том числе на этапах строительства и эксплуатации.

*Специальные технические условия (СТУ).* Требования к разработке СТУ и их содержание определены Приказом Минрегиона РФ от 01.04.2008 г. № 36 «О порядке разработки и согласования специальных технических условий для разработки проектной документации на объект капитального строительства». Приказом определено, что если для составления проектной документации недостаточно требований, установленных нормативными документами, или требования не установлены, то разрабатываются и согласовываются СТУ.

Специальные технические условия должны содержать следующие данные:

- обоснование целесообразности разработки СТУ и недостающих нормативных требований, излагаемых в соответствии с действующими техническими нормами;
- перечень отступлений от действующих нормативов, и список мероприятий, компенсирующих эти отступления;
- описание объекта и его основных элементов с изложением конструктивных и объемно-планировочных решений;
- дополнительные требования необходимо отнести к определенному нормативному документу либо его разделу.

*Научно-техническое сопровождение (НТС)* проектирования уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений. Проектирование уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений требует обязательного комплексного научно-технического сопровождения. Целью НТС при проектировании и строительстве уникальных, большепролетных и высотных зданий и сооружений является обеспечение безопасности людей, объекта строительства и надежности возводимых конструкций. В задачи научно-технического сопровождения входит:

- прогноз состояния зданий и сооружений с учетом всевозможных видов воздействий;
- прогноз состояния объектов, находящихся в зоне строительства;
- разработка конкретных решений по устранению нарушений, установ-

ленных при мониторинге проектных решений;

- разработка научно-обоснованных и оптимальных решений, участие в определении проектно-конструкторских решений;

- разработка технических рекомендаций, не вошедших в действующие нормативные документы.

Проведение НТС включает в себя следующий состав работ:

- Оценка результатов инженерно-геологических изысканий.

- Участие в проработке концепции проектируемого объекта.

- Анализ проектной документации для улучшения конструктивных и объемно-планировочных решений.

- Уточнение перечня конструкций и наиболее ответственных узлов для выполнения их мониторинга.

- Проверка выполненных расчетов по объекту, включая вероятность прогрессирующего обрушения и составление рекомендаций для защиты от него.

- Составление программы проведения НТС строительства и заданий на различные мониторинги.

- Оценка пригодности конструкций, выполненных с отклонением от проекта, обоснованная соответствующими расчетами и дополнениями.

- Составление рекомендаций по улучшению технологии и производству строительного монтажа и применению эффективных материалов.

На стадии проектирования особая роль отводится НТС по защите от прогрессирующего обрушения зданий и сооружений. Уникальные, большепролетные и высотные здания и сооружения должны быть защищены от возникновения чрезвычайных аварийных ситуаций, к ним относятся опасные природные метеорологические явления, возникновение карстовых воронок, провалов в основаниях зданий и сооружений, техногенные и антропогенные чрезвычайные ситуации, взрывы внутри или снаружи здания, аварии или пожары, а также повреждения систем несущих конструкций.

#### Библиографический список

1. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 21.10.2013) (с изм. и доп. от 07.06.2013 N 113-ФЗ, вступившими в силу с 05.12.2013).

2. Еремеев П.Г. Особенности проектирования уникальных большепролетных зданий и сооружений. // Строительная механика и расчет сооружений. 2005. № 1.

3. Еремеев П.Г. Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего) обрушения несущих конструкций уникальных большепролетных зданий и сооружений при аварийных воздействиях. // Строительная механика и расчет сооружений. 2006. № 2.

4. СТО 36554501-024-2010. Обеспечение безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях /ОАО НИЦ «Строительство».

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА ШАХТЫ

Самбурский М.В.

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: mark\_nk1@mail.ru*

В статье рассматриваются решения проектирования электромеханического цеха. Цех предназначен для размещения оборудования и рабочих мест, необходимых для обработки деталей шахтного оборудования. Здание электромеханического цеха относится к категории повышенной опасности. Объемно-планировочное решение здания следует принимать в связи с назначением, технологическим процессом, электробезопасности и учета климатических условий строительства.

Ключевые слова: цех, стропильная ферма, подкрановая балка, охрана труда, электромагнитное поле, заземление.

Строительство современного горного предприятия (шахты) представляет собой сложный комплекс горных, строительных и монтажных работ, выполняемых в определенной последовательности и взаимосвязи несколькими специализированными организациями. Организационное строительство шахты подразделяется на подготовительный, первый основной и второй основной периоды. Порядок изложения пояснительной записки и графической части готового проекта организации строительства шахты совпадает с порядком его строительства, однако порядок процесса рабочего проектирования должен иметь обратный характер. Подбирается весь комплекс оборудования в забое и на поверхности для проходки ствола с максимальным использованием оборудования, пригодного на второй период; проектируется строй генплан поверхности на второй и первый периоды строительства применительно к площадкам каждого ствола; проектируются состав, объем и порядок выполнения всех видов работ в подготовительном периоде, а так же строй генплан; разрабатывается организация строительства всей шахты и системы сетевого планирования и управления.

В угольной промышленности состояние оборудования играет ключевую роль. В шахтах используются буровые установки с электродвигателями, состояние которых напрямую влияет на скорость и на объем добычи угля. Для обслуживания шахтного оборудования на территории предприятия предусмотрено здание электромеханического цеха.

Электромеханический цех имеет станочное отделение, в котором установлено штатное оборудование: токарные, фрезерные, строгальные и другие станки.

В здании предусмотрены помещения для цеховой трансформаторной

подстанции, венткамеры, кузницы, слесарно-сортировочной мастерской, инструментальной, для бытовых нужд, административные помещения, склады для инструмента, материалов, деталей, масел, моечного отделения и др.

Так же в здании предусмотрено холодное чердачное помещение. Мягкая кровля уложена по ребристым плитам перекрытия, стальной профлист по стальным прогонам, установленным в узлах стальной стропильной фермы.

В электромеханическом цехе помещения относятся к категории повышенной опасности.

Для всех групп станков общие требования безопасности заключаются в правильном размещении оборудования в соответствии с технологией производства, соблюдением допустимых расстояний между станками и от станков до стен здания. Во избежание захвата одежды движущимися частями станка, одежда не должна иметь рваных ниток и на рабочем должна быть застегнута, а движущиеся части станков должны иметь ограничения и кожухи. Также во избежание ранения лица и глаз рабочего в зоне резания устанавливают защитные щитки из прочного прозрачного материала.

Во избежание поражения электрическим током необходимо применять заземляющие устройства. Заземлению подлежат: корпуса электрических машин и аппаратов, светильники, ручные приводы, коммутационные аппараты, корпуса распределительных щитков и так далее.

Схемы цеховых сетей делят на магистральные и радиальные.

Линию цеховой электрической сети, отходящую от распределительного устройства низшего напряжения цеховой трансформаторной подстанции и предназначенную для питания отдельных наиболее мощных приемников электроэнергии и распределительной сети цеха, называют главной магистральной линией (или главной магистралью). Главные магистрали рассчитывают на большие рабочие токи (до 6300 А).

Классификация помещений по электробезопасности.

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с использованием электрической энергии. Факторами опасного и вредного воздействия на человека, связанными с использованием электрической энергии, являются:

- протекание электрического тока через организм человека;
- воздействие электрической дуги;
- воздействие биологически активного электрического поля;
- воздействие электростатического поля;
- воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) и т.д.

Биологически активными являются электрические и магнитные поля, напряженность которых превышает предельно допустимые уровни (ПДУ) – гигиенические нормативы условий труда.

Опасные и вредные последствия для человека от воздействия электрического тока, электрической дуги, электрического и магнитного полей, электростатического поля и ЭМИ проявляются в виде электротравм, механиче-

ских повреждений и профессиональных заболеваний. Степень воздействия зависит от экспозиции фактора, в том числе: рода и величины напряжения и тока, частоты электрического тока, пути тока через тело человека, продолжительности воздействия электрического тока или электрического и магнитного полей на организм человека, условий внешней среды.

Исходя из требований пожаробезопасности в качестве материала для несущих конструкций необходимо использовать кирпич или железобетон. Так как протечки кровли в цехе недопустимы, то необходима дополнительная защита кровли.

#### Библиографический список

1. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок / Е.Н. Зимин – М.: Энергоатомиздат, 2006 г.
2. Ипатов И.И. Организация и планирование машиностроительного производства / И.И. Ипатов – М.: Машиностроение, 2008 г.
3. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Ю.Б. Липкин – М.: Энергоатомиздат, 2010 г.
4. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций, справочник материалы / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2009 г.
5. <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-proektirovanie-i-stroit-elstvo-gornyh-predpriyatij.pdf>.
6. Горнотехнические здания и сооружения. А.П. Максимов.

УДК 69.059.4

## ДИАГНОСТИКА И ЭКСПЕРТИЗА ОБЪЕКТОВ

Веснин Д.А.

**Научный руководитель: Матвеев А.А.,  
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: vesnin42@yandex.ru*

В статье рассматривается вопрос обоснования необходимости проведения диагностики и экспертизы объектов.

Ключевые слова: техническое диагностирование, экспертиза, промышленная безопасность.

Обеспечить выполнение требований надежности строительных конструкций возможно, своевременно прибегая к техническому диагностированию, в рамках которого решается задача продления срока безопасной эксплуатации.

На сегодняшний момент техническое состояние, большинства эксплу-

атируемых на территории Российской Федерации, строительных конструкций, зданий и сооружений, оценено как «ограниченно работоспособное» или «недопустимое».

Согласно ГОСТ 20911-89 техническое диагностирование – это определение технического состояния объекта. Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа (неисправности), прогнозирование технического состояния.

Термин «техническое диагностирование» применяют в наименованиях и определениях понятий, когда поставленные задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).

Техническое диагностирование, является основным инструментом экспертизы промышленной безопасности, в рамках которого решается задача продления срока безопасной эксплуатации.

По результатам технического диагностирования проводится детальная оценка технического состояния объекта с выдачей заключения экспертизы промышленной безопасности о соответствии (или несоответствии) объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности и рекомендации по его дальнейшей эксплуатации.

Положительное заключение экспертизы промышленной безопасности является необходимым условием продления сроков эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений на территории опасных производственных объектов.

Экспертиза промышленной безопасности осуществляется согласно Федеральному закону от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О безопасности опасных производственных объектов».

Экспертиза промышленной безопасности технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах проводится в соответствии с требованиями нормативных документов в следующих случаях:

- при выработке расчетного срока эксплуатации;
- при истечении срока обследования;
- при отсутствии в технической документации данных о сроке службы технического устройства;
- при изменении владельца;
- по предписанию органов Ростехнадзора.

Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений проводится:

- при выработке зданиями и сооружениями установленных проектом или другими документами сроков службы;
- после пожаров и стихийных бедствий;
- при истечении срока обследования;
- периодически в процессе эксплуатации или по требованию органов Ростехнадзора.

Все работы по технической диагностике и экспертизе промышленной

безопасности производственных объектов должны выполняться компетентными и высококвалифицированными специалистами, аттестованными по российским и международным нормам.

Техническое диагностирование на объектах, не поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, может проводиться компетентными специалистами для решения одной или комплекса задач в любое время по желанию владельца объекта. Для зданий и сооружений такую работу рекомендуется проводить согласно СП 13-102-2003, РД 22-01.97.

Владелец объекта и специализированная организация, выполняющая техническое диагностирование или экспертизу промышленной безопасности, должны учитывать, что обязательные требования изложены в нормативно-технических документах, зарегистрированных в Минюсте Российской Федерации.

Остальные документы носят рекомендательный характер и используются по усмотрению специализированной организации.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.
3. СП 13-102-2003, РД 22-01.97.
4. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

УДК 694.1

## **ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Недосекова О.С.**

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: olga.nedosekova@bk.ru*

В статье рассматриваются технологии монтажа деревянных конструкций и обработка древесины.

Ключевые слова: древесина, резание, леса, сверла, брусья.

Древесина — один из наиболее распространенных строительных материалов. В районах, богатых лесами, полностью из древесины возводят малоэтажные жилые дома, гражданские, сельскохозяйственные, некоторые промышленные и другие здания и сооружения. Стены собирают из панелей, досок, брусьев или бревен. Перекрытия, покрытия и другие несущие конструк-



ции монтируют из максимально укрупненных блоков.

Клееные деревянные элементы широко применяются в несущих конструкциях покрытий объектов с пролетами от 15 до 60 м. В зданиях и сооружениях с агрессивной средой клееные деревянные конструкции незаменимы.

Деревянные части зданий и сооружений собирают на строительной площадке из элементов и конструкций, изготовленных на деревообрабатывающих предприятиях. Состав и структура этих процессов зависят от конструктивной схемы и назначения объекта.

Работы по устройству деревянных конструкций делят на плотничные и столярные. К плотничным относят изготовление и монтаж основных конструкций (например, элементов стен из бревен или брусьев, полов из лаг и досок, стропильных ферм); к столярным — изготовление и установку отдельных конструктивных элементов и деталей (например, оконных и дверных блоков, встроенной мебели, отделочных деталей).

Основным способом обработки древесины является резание. Различают три основных способа резания древесины: в торец, вдоль волокон и поперек волокон. При резании в торец волокна древесины перерезаются перпендикулярно к их длине; при резании вдоль волокон резец сжимает срезаемые волокна древесины и преодолевает их связь с волокнами, лежащими ниже поверхности обработки, целостность которых при этом сохраняется; при резании поперек волокон разрываются по длине.

Усилия, затрачиваемые на резание древесины, зависят от ее физико-механических свойств, направления и угла резания, а также от толщины стружки.

Распиливают древесину пилами, которые представляют собой стальные полотна, ленты или диски с зубьями. Зуб пилы является резцом с тремя режущими кромками, образующими в древесине пропилов. Для уменьшения трения между боковыми поверхностями пилы и древесины в пропилов концы смежных зубьев разводят в разные стороны, придавая режущим кромкам трапециевидную форму.

Рубят древесину поперек волокон или наклонно к ним топором при сопряжении конструкций из круглого леса.

Отесывание применяют при обработке бревен накругло, на 1—4 канта, при выборке пазов.

Круглые, овальные, прямоугольные и квадратные углубления и отверстия в деревянных заготовках и элементах для сопряжений делают сверлами и долотами во всех направлениях по отношению к волокнам древесины.

Обработку пиломатериалов в условиях строительной площадки — продольную и поперечную распиловку, фрезеровку, нарезку шипов, сверление, шлифование и полирование — осуществляют на универсальном станке. Обрезку деревянных элементов, устройство пропилов, отверстий и гнезд выполняют также ручными машинами: дисковыми электропилами, электро-

сверлами, электродолбежниками и т. п.

Сборка конструкций из брусьев и бревен осуществляется следующим образом.

Лесоматериалы, поступающие на строительную площадку, сортируют, укладывают в штабеля на антисептированных подкладках и предохраняют от увлажнения.

Для изготовления элементов несущих деревянных конструкций применяют шаблоны и другие приспособления, обеспечивающие требуемую точность. Конструкции из готовых элементов собирают на выверенных бойках или козлах, установленных по уровню, используя механизированные инструменты, шаблоны и кондукторы. Из брусьев собирают стены отапливаемых одно- и двухэтажных зданий. В зависимости от климатических условий для наружных стен применяют брусья сечением 150 X 150 и 180 X 150 мм, а для внутренних 100 X 150 мм.

Стыки брусьев нижнего ряда (венца) располагают на столбах фундаментов. Если здание возводят на каменном фундаменте, под первый ряд брусьев укладывают гидроизоляцию (два слоя толя и пропитанная битумом доска). Стеновые брусья кладут на пакле и крепят деревянными нагелями диаметром 25 и длиной 400 мм, которые располагают через 1,5 м в шахматном порядке по высоте стен. Паклю прокладывают и по вертикальным швам.

Уложив первые три ряда и установив нагели, укладывают следующие два ряда брусьев, просверливая отверстия на толщину трех рядов (т. е. захватывают верхний брус нижнего пакета), скрепляют их нагелями и т. д.

Сопряжение брусьев в углах стен, в стыках по длине и с вертикальными элементами оконных и дверных коробок делают на деревянных шпонках или рейках.

Оконные и дверные коробки или блоки устанавливают одновременно со сборкой стен. Тогда же заделывают балки перекрытий.

#### Библиографический список

1. Хрулев В.М. "Деревянные конструкции и детали (справочник строителя)" 1983
2. А.Б. Шмидт «Атлас строительных конструкций из клееной древесины и влагостойкой фанеры» 2002
3. Гринь И.М. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов 1990

## **ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРЕВА БЕТОНА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ**

**Галимзянов Р.Р.**

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: tonheat0@yandex.ru*

Данная статья посвящена описанию и обзору технологии электропрогрева бетона с помощью электрических кабелей в зимнее время.

Ключевые слова: зимнее бетонирование; греющий провод; электропрогрев бетона; набор прочности; монолитные конструкции.

Для того, чтобы предотвратить пагубное воздействие мороза и произвести бетонирование в зимнее время, надо создать для бетона условия, при которых процесс его твердения будет постоянным и равномерным. Этого можно достичь только в том случае, если температура бетонной массы во время ее затвердевания будет близка к  $+20^{\circ}\text{C}$ , а этого можно добиться только в случае принудительного электропрогрева бетона.

Самым распространенным методом подогрева бетона, во время заливки в зимнее время, является электропрогрев, который используется в тех случаях, когда обычного утепления объекта не достаточно. Именно о нем мы сегодня и поговорим.

Прогреть бетон в зимнее время можно несколькими методами:

1. Прогрев бетона электродами;
2. Электропрогрев бетона проводом ПНСВ;
3. Электропрогрев опалубки;
4. Подогрев индукционным методом;
5. Инфракрасным излучением.

Прогрев бетона электродами выполняется по определенной схеме подключения.

Прогрев бетона электродами – самый распространенный метод электропрогрева в зимнее время. Это связано, в первую очередь, с простотой и дешевизной, потому что, в отдельных случаях, нет необходимости тратиться на нагревательные провода, дорогие трансформаторы и т.п.

Принцип действия такого способа электропрогрева основывается на физических свойствах электрического тока, который при прохождении через материал выделяет определенное количество теплоты.

В данном случае, проводимым материалом является сам бетон, другими словами, когда ток проходит через водосодержащий бетон, он в это время его нагревает.

Существует несколько видов электродов для прогрева бетона в зимнее время.

*Электроды стержневые.* Для их создания используется металлическая арматура  $d\ 8 - 12$  мм. Такие стержни вставляются в бетон на небольшом расстоянии и подключаются к разным фазам, как на схеме. В случаях сложных конструкций, такие электроды для прогрева бетона будут незаменимы. Стеклопластиковая арматура для таких целей не подойдет, потому что она является диэлектриком.

*Электроды в виде пластин.* Иногда их называют пластинчатыми электродами. Схема подключения такого подогрева очень проста – пластины располагаются на обоих противоположных внутренних сторонах опалубки и подключаются к разным фазам, а проходящий ток будет нагревать бетон. Вместо широких пластин иногда используют узкие полосы, принцип действия этих полос - такой же.

*Электроды струнные.* Используются при заливке колонн, балок, столбов и похожих конструкций. Принцип действия все тот же, струны подключаются к разным фазам, тем самым нагревая бетон в зимнее время.

Электропрогрев бетона проводом ПНСВ выполняется по определенной технологии и схеме подключения.

Если прогрев бетона электродами – один из самых дешевых вариантов электропрогрева в зимнее время, то, в свою очередь, прогрев проводом ПНСВ – один из самых эффективных.

Это связано с тем, что в качестве нагревателя используется не сам бетон, а нагревательный провод ПНСВ, который выделяет тепло при прохождении через него тока. С помощью такого провода, намного проще добиться плавного повышения температуры бетона, да и вообще такой провод будет вести предсказуемо, что облегчит необходимое постепенное увеличение температуры в зимнее время.

Стоит сказать о самом проводе ПНСВ (П – провод, Н – нагревательный, С - стальная жила, В - ПВХ изоляция). Бывает различного сечения 1, 2, 3. В зависимости от использованного сечения выбирается его количество на 1 метр кубический бетонной смеси.

Технология электропрогрева бетона проводом ПНСВ, также, как и схема подключения, очень проста. Провод без натяжки пропускается вдоль арматурного каркаса, на нем же и крепится. Крепить необходимо так, чтобы при подаче бетона в траншею или опалубку не повредить его.

Так же существуют кабели, которые не предусматривают использование трансформатора. Их использование позволит немного сэкономить. Он очень удобен в использовании, но все же у обычного провода ПНСВ более широкие возможности для применения.

Электропрогрев опалубки в зимнее время - этот способ электропрогрева подразумевает изготовление опалубки с заранее заложенными нагревательными элементами в ней, которые при нагреве будут отдавать так нужное бетону тепло. Напоминает прогрев бетона пластинчатыми электродами,

только обогрев осуществляется не на внутренней стороне опалубки, а внутри нее, либо снаружи.

Электропрогрев опалубки в зимнее время не так часто используется, учитывая сложность конструкции, тем более, что при бетонировании фундамента, например, опалубка соприкасается не со всей бетонной конструкцией. Таким образом, нагреваться будет лишь часть бетона.

Индукционный и инфракрасный способы подогрева бетона.

Индукционный способ подогрева бетона используется крайне редко, да и то, в основном, в балках, ригелях, прогонах, из-за сложности его устройства.

Основывается он на том, что обмотанный изолированный провод вокруг стального стержня арматуры, будет создавать индукцию и нагревать саму арматуру.

Электропрогрев бетона в зимний период с помощью инфракрасных лучей основывается на способности таких лучей нагревать поверхность непрозрачных объектов, с последующей передачей тепла по всему объему. При использовании такого способа необходимо предусмотреть окутывание бетонной конструкции прозрачной пленкой, которая будет пропускать лучи сквозь себя, не давая теплу так быстро уходить.

Достоинством такого способа является то, что не обязательно использование специальных трансформаторов. Недостаток – в том, что инфракрасное излучение не способно осуществить равномерный обогрев больших конструкций. Этот способ годится только для тонких конструкций.

#### Библиографический список

1) А. Б. Вальт, А. А. Овчинников. Способы термообработки бетона при возведении монолитных конструкций // Известия КГТУ. — 2008. — № 13. — С. стр. 109–112.

2) Т. А. Краснова, Т. А. Затворницкая, С. И. Усков, Д. А. Игнатьев, Б. Г. Носкин. Круглый стол: Зимнее бетонирование — продолжение сезона // Технологии бетонов. — 2012. — С. стр. 11-12.

3) М. О. Дудин, Н. И. Ватин, Ю. Г. Барабанщиков. Моделирование набора прочности бетона в программе ELCUT при прогреве монолитных конструкций проводом // Magazine of Civil Engineering. — 2015. — № 2. — С. стр. 33–45.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ

Васильева Д.Е.

**Научный руководитель: Матвеев А.А.,  
канд. техн. наук, доцент Алешин Д.Н.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: vasilevadev@gmail.com*

В статье рассматриваются решения проектирования здания склада материалов и рассмотрены вопросы правильного выбора исходных условий для определения несущих и ограждающих конструкций здания. Склад предназначен для содержания специального технологического оборудования, средств механизации и автоматизации, предназначен для приема, хранения или размещения поступившего товара, подготовки их к производственному потреблению и отпуску потребителям. Объемно-планировочное решение здания следует принимать в связи с назначением, технологическим процессом, сейсмичностью и учетом климатических условий строительства.

Ключевые слова: склад, конструктивное решение, монтаж, организация, безопасность.

Склад, или же комплекс складов, вместе с обслуживающей инфраструктурой образуют складское хозяйство. Складское хозяйство – это материально-техническая база снабжения, от которого зависит качество и эффективность обеспечения потребителей материалами и ресурсами.

Склад – это прямоугольное в плане здание. Размеры здания в осях 18×78 м. Здание склада одноэтажное, отапливаемое. Расчетная температура внутреннего воздуха в помещениях +5°С. Склад имеет один пролет 18 м шириной и высотой 8 м до низа несущих конструкций. План здания н отметке 0,000 см. рисунок 1.

Стены здания предусмотрены из трехслойных окрашенных стеновых панелей толщиной 150 мм по металлическим прогонам.

Стены и перегородки встроенных помещений: из трехслойных окрашенных стеновых панелей толщиной 150 мм по металлическим прогонам, гипсокартонные с теплозвукоизоляцией.

Здание оборудовано двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 3,2 т. Несущими конструкциями каркаса являются рамы. Колонны каркаса – из широкополочных прокатных двутавров постоянного сечения по высоте; прогоны покрытия – из прокатных швеллеров, стропильные балки – сварные, составного сечения. Стойки фахверка выполнены из широкополочных прокатных двутавров постоянного сечения по высоте. Ригели - из прокатных

швеллеров. Вертикальные связи по колоннам и связи по покрытию – из прокатных уголков.

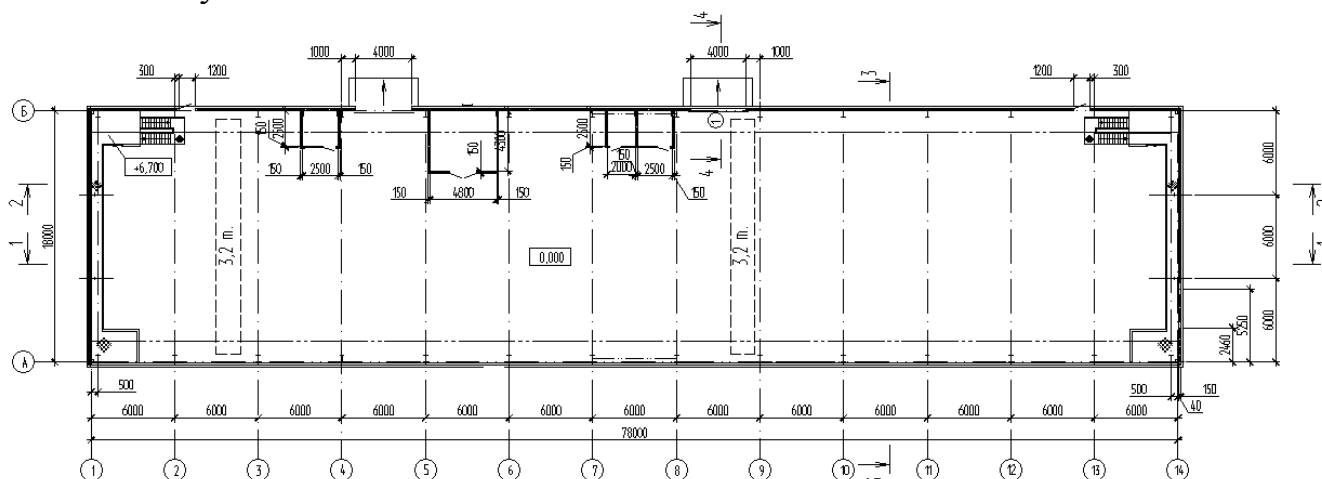


Рисунок 1 – План здания

Каркас перегородок встроенных помещений, включающий стойки и ригели, выполнен из широкополочных прокатных двутавров и квадратной трубы; опирание стоек выполнено на отдельные фундаменты. Каркас встроенных помещений полностью отделен от основного каркаса здания.

По конструкциям покрытия выполнена утепленная кровля, прогоны покрытия расположены с шагом 1,5 м.

Внутренние лестницы запроектированы из швеллеров с настилом из рифленой стали.

Пространственная жесткость каркаса здания обеспечивается в поперечном направлении жестким защемлением колонн в фундаменты, в продольном направлении системой вертикальных связей по колоннам и системой вертикальных и горизонтальных связей по покрытию.

Перекрытия над встроенными помещениями и межэтажные перекрытия - монолитные железобетонные по несъемной опалубке из окрашенного полимерными составами металлического профилированного листа. Материал перекрытий: бетон класса В15, арматура А-400.

Фундаменты – монолитные железобетонные на естественном основании. Под фундаменты выполнена подбетонка из тощего бетона и подсыпка из строительного щебня. Фундаменты под здание и встроенные помещения выполнены отдельностоящие монолитные железобетонные на естественном основании; бетон класса В15, F150, W6; рабочая арматура класса А400. Глубина заложения фундаментов от уровня земли 2,0 м. Под фундаментами предусмотрена подготовка из бетона класса В7,5 по подсыпке из уплотненного строительного щебня толщиной 0,6 м.

Опираение цокольных панелей осуществляется на монолитные фундаментные балки.

Обратная засыпка за пределами контура здания выполняется местным

непучинистым, непросадочным грунтом, без включения растительного грунта, с послойным уплотнением; в пределах контура здания – строительным щебнем с послойным уплотнением.

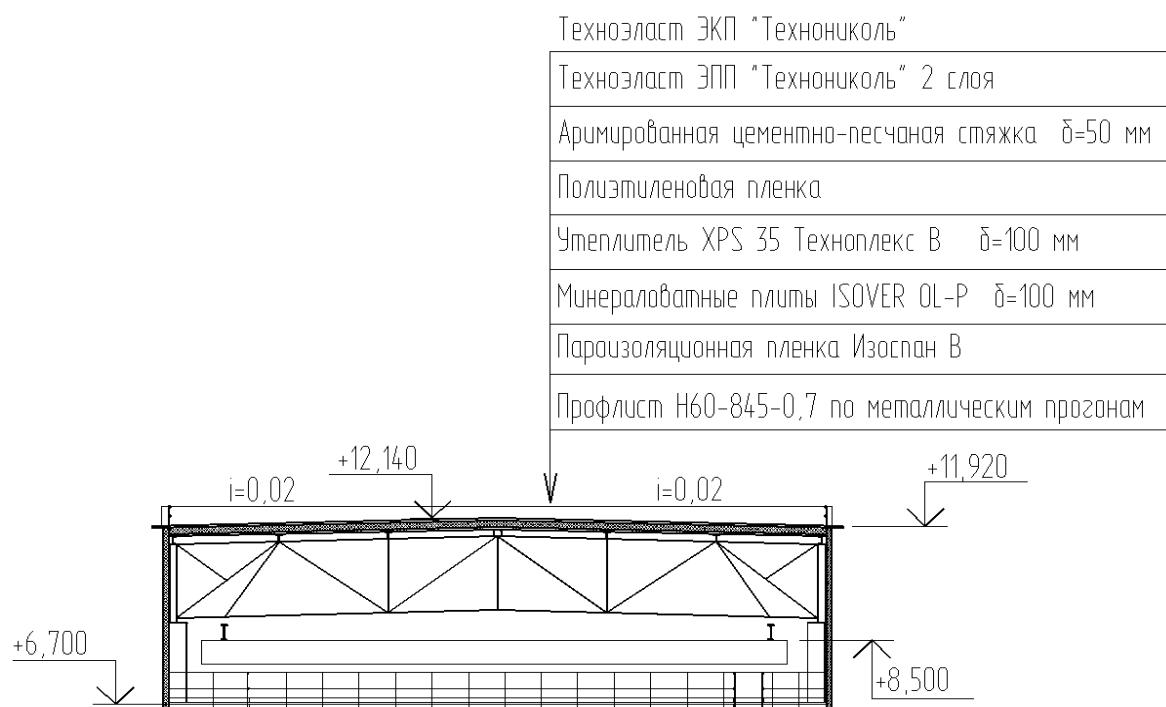


Рисунок 2 – Кровля

Исходя из требований пожаробезопасности в качестве материала для несущих конструкций необходимо использовать железобетон. Так как протечки кровли в здании склада недопустимы, то необходима дополнительная защита кровли, пример решения кровли представлен на рисунке 2.

Для эвакуации людей и въезда автомобильного транспорта, в здании склада материалов предусмотрено четыре выхода – два через двери, два через ворота.

Общие требования пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий и сооружений установлены разделом III Технического регламента о требованиях пожарной безопасности.

#### Библиографический список

1. СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций/ М.: ФГУП ЦПП, 2004. -25 с.
2. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений/ Госстрой России-М. ФГУП ЦПП, 1999. -15с.
3. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*/ М.: Минрегион России, 2011. - 43 с.



## УДАЛЕНИЕ АГРЕССИВНЫХ ГАЗОВ ИЗ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ

**Горошникова А.А.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Благоразумова А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Дезодорация и дегазация – это процессы очистки сточных вод от летучих примесей. Дезодорация очищает воду от меркаптанов, аминов, альдегидов; с помощью дегазации из воды удаляют вещества, вызывающие газовую коррозию.

В условиях эксплуатации в надводной части канализационных коллекторов скапливается выделяющийся из сточных вод пары воды и вредные газы: сероводород, аммиак, диоксид углерода, метан и другие. С производственными водами в сеть поступает свободные неорганические органические кислоты: углерод, аммиак, хлор и другие вредные примеси. С дождевыми сточными водами от гаражей в сеть поступают бензин, бензол и другие горюче-смазочные материалы.

Принудительно проветривать колодцы рекомендуется перед каждым спуском людей, но это очень затратно, требует большого количества вентиляторов и сложно определить, когда закончится проветривание. Значит, надо контролировать газовый состав в коллекторах до спуска и во время работы, которая может продолжаться в течение целого рабочего дня.

Угольная кислота, кислород и сероводород обуславливают или усиливают коррозию металлов, а угольная кислота еще и бетона. Сероводород придает неприятный запах. Обычно вода насыщается такими газами в результате специальных методов обработки (обезжелезивание, катионитное умягчение, ионитовое обессоливание может приводить к образованию угольной кислоты), а также в результате отложений в трубопроводах, приводящих к анаэробному разложению с выделением газов.

Удаление газа из сетей водоотведения имеет очень важное значение, вследствие того, что большая часть поступает на очистные сооружения. Наибольшее выделение газов наблюдается на сооружениях механической очистки особенно на первичных отстойниках.

Крупнейшими природоохранными комплексами в Европе по очистке сточных вод и обработке осадка являются Курьяновские и Люберецкие очистные сооружения, расположенные в черте города, устранение неприятных запахов вблизи границ которых являлось не простой задачей. В первую очередь необходимо было разработать конструкцию перекрытия радиальных первичных отстойников достаточно большого диаметра (33, 40, 54 м), аналогов которых в мире нет. Первичные отстойники – один из источников не-

приятных запахов на станции, т.к. в них находится фактически грязная канализационная вода. Для того чтобы избавиться от запаха Мосводоканал решил накрыть отстойники, но встала проблема. Диаметр отстойника составляет 54 метра. В результате было принято решение - сделать перекрытие плавающим. Устройство плавающего перекрытия на рисунке 1.

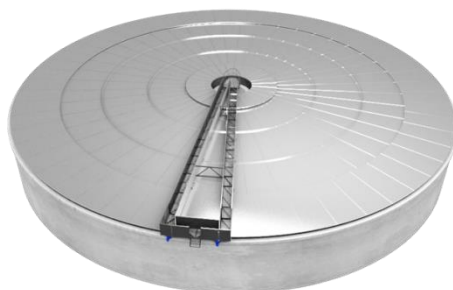


Рисунок 1 – Устройство плавающего перекрытия

Перекрытие собрано из плавающих блоков из нержавеющей стали. Причем внешнее кольцо блоков закреплено неподвижно, а внутренняя часть вращается на плаву, вместе с фермой. Такое решение оказалось очень удачным, т.к. во-первых отпадает проблема со снеговой нагрузкой, а во вторых не образуется объема воздуха, который пришлось бы вентилировать и дополнительно очищать. По утверждениям Мосводоканала данная конструкция снизила выбросы пахнущих газов на 97 %.

Общая площадь перекрытых сооружений на сегодняшний день составляет около 136,4 тыс.кв.м.

Дезодорацию проводят для удаления газов, выделяемых из сточных вод. Для этого можно использовать аэрацию, хлорирование, ректификацию, дистилляцию, обработку дымовыми газами, окисление кислородом под давлением, озонирование, экстракцию, адсорбцию и микробиологическое окисление.

Наиболее эффективным считается метод аэрации, который состоит в продувании воздуха через сточную воду. Недостаток метода заключается в том, что некоторые загрязнения не удаляются методом аэрации и остаются в сточной воде. Например, поверхностные пленки (нефтяные, маслянистые и т.д.) и примесей, адсорбирующих газы. Физические методы дегазации основаны на свойстве растворенных газов выделяться при увеличении поверхности контакта воды с воздухом или создании условий для пониженной растворимости газов в воде. Первый способ – аэрирование – подходит для газов, парциальное давление которых в воздухе близко к нулю (свободная угольная кислота и сероводород). Парциальное давление кислорода в воздухе значительно, поэтому аэрированием его удалить невозможно. Аэрирование осуществляется: дождеванием (высота падения 2–3 м), фонтанированием, бар-

ботажем воздуха через слой воды, пропусканием через градирни, разбрызгиванием в вакууме. Второй способ – понижение растворимости газов в воде. Для этого применяют нагревание воды (термические деаэраторы) или понижение давления до величины, при которой вода кипит без дополнительного подогрева (вакуумные дегазаторы).

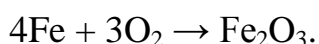
Дурнопахнущие сточные воды очищают также продувкой острым паром. Степень очистки от сероводорода и метил меркаптана достигает 100 %, от других веществ до 90 %.

Очистку сточных вод от сероводорода проводят также окислением кислородом воздуха при атмосферном давлении в присутствии катализатора (железная стружка, графитовые материалы).

Высокая степень очистки может быть достигнута при использовании жидкофазного окисления сернистых веществ кислородом воздуха под давлением. Сероводород из воды возможно удалить гидроксидом железа, в щелочной и в нейтральной среде. Более эффективно происходит очистка при одновременном введении в воду озона или диоксида хлора и фильтровании воды через слой активного угля. Степень дезодорации сероводорода, метил меркаптана и ди-метил сульфида зависит от их концентрации в сточной воде и изменяется от 80 до 100 %.

Химические методы дегазации применяют при низкой концентрации газов в воде или в случае нецелесообразности их использования, а также при условии, что продукты обработки не затрудняют дальнейшую очистку или использование воды. Методы основаны на проведении реакций, в результате которых происходит химическое связывание растворенных газов.

Удаление кислорода фильтрованием воды через окисляющиеся вещества. Например, используют обеззараженные стальные стружки, загруженные в фильтр. При фильтровании железо, окисляясь, связывает кислород:



Образовавшиеся при коррозии стружек оксид и гидроксид железа удаляют обратной промывкой. Продолжительность контакта зависит от температуры воды (при увеличении температуры от 20 до 80 °С время контакта снижается с 25 до 8 мин).

Удаление кислорода сульфитом натрия или сернистым газом. В качестве катализатора реакции с сернистым газом применяется медный купорос. Для удаления 1 мг кислорода расходуется 4 мг сернистого газа или 7,9 мг сульфита натрия. Катализаторами реакции являются металлическая медь, стекло, активный уголь. Недостаток – высокая стоимость гидразина.

Окисление сероводорода хлором. В зависимости от дозы хлора проходит до свободной коллоидной серы или до серной кислоты. Малые дозы хлора (до 2 мг хлора на 1 мг сероводорода) приводят к окислению до коллоидной серы, которую необходимо удалять. Большие дозы хлора окисляют сероводород до серной кислоты. Реакция протекает довольно медленно,

применяется для небольших количеств сероводорода (например, остаточного после аэрирования).

Таким образом, можно сделать вывод: газовая коррозия в канализационных коллекторах является существенной, что усугубляется почти 100 %-ой влажностью и значительным выделением газа. Катастрофические последствия коррозионного разрушения сооружений водоснабжения, водоотведения и водоочистки требуют масштабного применения и использования защитных технологий, обеспечивающих долговечность конструкций на этапах проектирования, строительства и эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. и доп., - Москва: Стройиздат, 1975.
2. Справочник проектировщика под редакцией В.Н. Самохина «Канализация населенных мест и промышленных предприятий» Москва. Стройиздат, 1981.
3. Биологическая очистка городских сточных вод : методические рекомендации к выполнению курсовой работы / Сиб. гос. индустр. ун-т ; сост. А.М. Благоразумова. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2017.

УДК 728.1 : 696/697

## СОВРЕМЕННОЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО НА ПРИМЕРЕ МУЛЬТИКОМФОРТНОГО ДОМА

**Иванова М.В.**

**Научный руководитель: канд. арх., доцент Благиных Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: masha2300@mail.ru*

Изложена архитектурная концепция создания мультикомфортного дома с сохранением баланса жилого и общественного пространства для жаркого климата. На основе исследований сформулированы результаты, которые помогают сделать выбор оптимального проектного предложения.

Ключевые слова: мультикомфортный дом, энергоэффективность, экологичность.

«Мультикомфортный дом» – это передовое решение группы Saint-Gobain в области энергоэффективного строительства.

Максимальный расход тепловой энергии на отопление в Мультикомфортном доме составляет 15 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год. Мультикомфортный дом Saint-Gobain соответствует всем требованиям, предъявляемым к «пассивному до-

му», и при этом обладает дополнительными преимуществами, обеспечивающими высокий уровень комфорта.

Мультикомфортный дом – это баланс шести важных факторов:

1. *Расход энергии.* Здание должно быть построено таким образом, чтобы максимально использовать для отопления энергию от солнца, поступающую извне, при этом дом должен сохранять тепло, мы не должны «обогреть» улицу.

2. *Перегрев летом.* Комфорт летом важен для жителя не меньше, чем зимой. Поэтому необходимо предусмотреть комплекс мероприятий по обеспечению защиты от солнца в летний период.

3. *Уровень дневного освещения.* В помещениях, где жильцы проводят много времени, должен соблюдаться режим естественного освещения в течение всего светового дня, так как недостаток дневного света нарушает множество важных процессов в организме человека, ухудшая его самочувствие и здоровье.

4. *Акустика.* Концепция также учитывает акустический комфорт и отсутствие ударного шума. Важно изолировать спальни и детские от воздушного шума, именно поэтому каждому архитектору необходимо обладать достаточными знаниями, чтобы гармонично создавать планировочные решения.

5. *Экологическая сертификация.* Важно, чтобы строительные материалы были экологически безопасными, не выделяли вредных веществ, которые наносят вред человеку и окружающей среде, ни в процессе производства, ни в процессе эксплуатации.

6. *Коэффициент воздухопроницаемости* здания, который должен стремиться к минимуму. Свежесть воздуха обеспечивается правильно организованной приточно-вытяжной вентиляцией с функцией сохранения тепла (рекуперацией) [1].

Примером мультикомфортного дома может служить отреставрированный табачный склад, построенный приблизительно в 1850 году. Важно было сохранить памятник архитектуры при его реконструкции. Здание табачного склада отвечало самым высоким требованиям энергосбережения. Главной задачей было создать комфортный жилой дом с низкой потребностью в энергии (рисунок 1). В итоге старый табачный склад превратился в современный «пассивный» дом с удельным расходом тепловой энергии на отопление 13,4 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год).

Еще один пример мультикомфортного дома – жилой комплекс на ул. Маркштрассе в г. Линце, построенный в 1950 г. рядом с автомагистралью. При реконструкции важно было защитить жителей от грязи и шума. Была проведена реконструкция по стандарту «пассивного» дома. Этажи со 2-го по 4-й реконструированы в соответствии со стандартом «пассивного» дома, первый этаж – в соответствии с требованиями к зданиям с низким энергопотреблением, так как теплоизоляцию между первым этажом и подвалом невозможно было выполнить полностью (рисунок 2).



Рисунок 1 – Табачный склад в Фирнхайме, Германия

В результате реконструкции был создан «пассивный» дом с комфортной комнатной температурой круглый год и сниженными на 90 % затратами на отопление. Данный проект выиграл государственную награду Австрии по архитектуре и энергоэффективности за 2006 г.



Рисунок 2 – Реконструкция жилого комплекса на ул. Макартштрассе в г. Линце (Австрия)

В городе Чанчжоу был открыт первый в Китае Мультикомфортный дом Saint-Gobain. Самые современные технологии и материалы Saint-Gobain, которые были использованы при его строительстве, помогают создать визуальный, тепловой, акустический комфорт, достичь высоких показателей качества воздуха, обеспечить значительную экономию на отоплении (рисунок 3).

Этот дом открыт для свободного посещения и предназначен демонстрировать местному населению новые стандарты строительства (экологичность, безопасность, экономия) и новые стандарты жизни (энергоэффективность и комфорт). Эти вопросы являются очень важными особенно для Китая, принимая во внимание быстрый рост населения и темпы урбанизации.

Согласно проекта, этот 800-метровый дом будет потреблять 34 кВт/час/м<sup>2</sup>/год, что составляет 1/4 от национального стандарта в 130

кВт/час/м.кв/год. Кроме того, что использованные материалы являются энергоэффективными и способствуют значительному снижению потребления электроэнергии, они оказывают минимальное влияние на окружающую среду в течение всего своего жизненного цикла [4].



Рисунок 3 – Мультикомфортный дом Saint-Gobain в Чанчжоу.

При создании собственного конкурсного проекта мультикомфортного дома были учтены все шесть факторов для создания комфортной среды, а также его месторасположение в городской застройке, определены пропорции здания с необходимым изменением высоты с целью создания гармоничного образа и обеспечения видимости на береговую линию (рисунок 4).

Для жарких регионов оптимальной объемно - планировочной структурой для жилых зданий является галерейная – это было выявлено при рассмотрении селлитевой застройки городов курортов, таких как Сочи, Дубай, Анапа и др. Галереи в этих комплексах защищают жилое здание от перегрева, обеспечивают необходимое проветривание, создают эстетическую привлекательность дома [3].

При создании образа здания важным фактором явилось создание благоприятной среды для проживания в нем. Ниспадающие зеленые террасы с бассейнами, расположенные в каждом уровне являются дополнительным местом отдыха для жителей. Богатая инфраструктура внутри комплекса включает в себя: кафе с видом на набережную, кинотеатр, зону отдыха с фонтанами и местами для чтения, спортивные залы, офисные помещения, внутренний дворик и жилые апартаменты в одном и двух уровнях. В здании предложен атриум, находящийся в центре и соединяющий этажи единым пространством. Атриум, является главной объемно планировочной и композиционной осью здания, которая отделена от внешней среды жилыми и общественными помещениями.

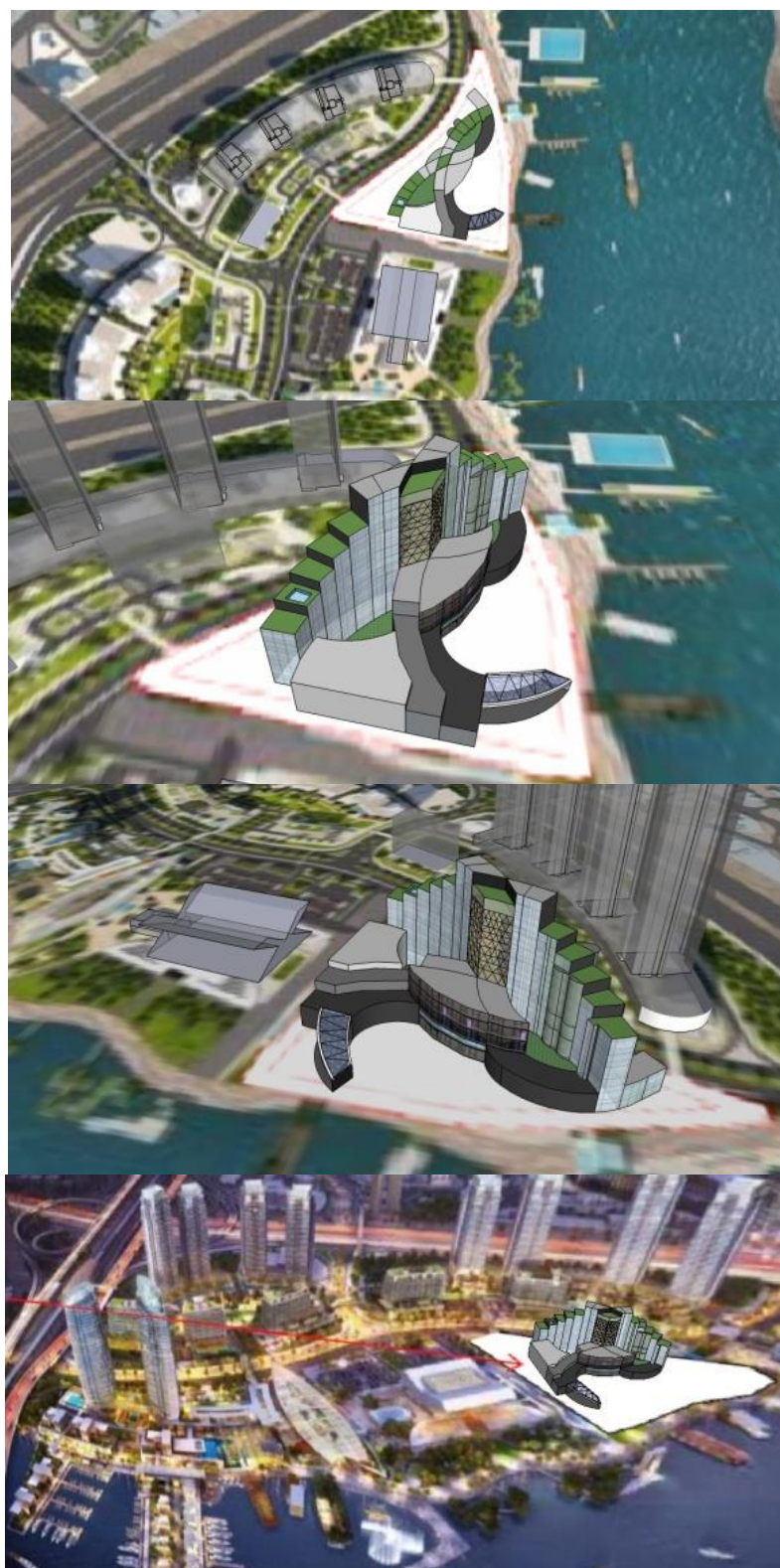


Рисунок 4 – Проектное предложение мультикомфортного дома

При использовании тепло- и звукоизоляции ISOVER происходит сокращение потребляемой энергии, защита от холода, шума и неприятных запахов из атмосферы. Большие окна, примененные в данном проекте, обеспечат хорошую освещенность всех помещений. Система вентиляции с рекупе-



рацией тепла поддерживает безупречное качество воздуха, что позволяет полностью исключить необходимость проветривания через открытые окна (хотя это и допустимо).

Выполненное проектное предложение мультикомфортного дома соединяет в себе современные технологии, функции «пассивного» дома, имеет нестандартное архитектурное решение, что позволяет ему гармонично вписаться в существующую застройку.

#### Библиографический список

1. Чурыпа Н. Статья «Энергоэффективность и зеленое строительство» Saint-Gobain ISOVER. [Электронный ресурс] // <http://greenevolution.ru/>. – 2017. – Режим доступ: <http://greenevolution.ru/analytics/multikomfortnyj-dom-eto-balans-shesti-vazhnyx-faktorov/>.

2. Бушов А.В. Статья Объемно-планировочное решение и его влияние на энергоэффективность и микроклимат [Электронный ресурс] // <http://www.rmnt.ru/> .- 2010.- Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obemno-planirovochnoe-reshenie-i-ego-vliyanie-na-energoeffektivnost-i-mikroklimat-pomescheniya>.

3. Иванова М.В. Современные многофункциональные жилые комплексы и принципы их формирования применительно к условиям Новокузнецка/ Иванова М.В. – Екатеринбург : Уральский архитектурно-строительный университет , 2017. –с. 104-106.

4. Мультикомфортный дом «Сен-гобен» [Электронный ресурс] // <http://master-sgua.content.saint-gobain.com/ru>. - 2017.- Режим доступа: <http://master-sgua.content.saint-gobain.com/ru/energoeffektivnost/multikomfortnyy-dom-sen-goben>.

УДК 69.059.14

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Колемасов В.Д.**

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: blok605@mail.ru*

Основным показателем надежности строительных объектов является невозможность реализации в них в течение расчетного срока службы предельных состояний.

Надежность строительных конструкций и оснований следует обеспечивать на стадии разработки общей концепции сооружения, при его проектировании, изготовлении его конструктивных элементов, строительстве и эксплуатации

Ключевые слова: надежность, конструкции, монтаж, воздействия.

Принятые проектные решения сооружения должны обеспечивать в течение расчетного срока службы его:

- конструктивную прочность (несущую способность),
- эксплуатационную пригодность,
- долговечность.

При аварийных воздействиях надежность строительных конструкций следует обеспечивать проведения одного или нескольких специальных мероприятий:

- предупреждение, исключение или снижение опасности разрушения строительных объектов и, в первую очередь, его несущих элементов;
- выбор материалов и конструктивных решений, которые при аварийном выходе из строя или локальном повреждении отдельных несущих элементов не ведут к прогрессирующему разрушению сооружения;
- использование комплекса специальных организационных мероприятий, обеспечивающих ограничение и контроль доступа к основным несущим конструкциям сооружения.

При особых воздействиях надежность строительных конструкций следует обеспечивать:

- предотвращение или снижение возможности реализации подобных воздействий на несущие конструкции;
- выбор материалов и конструктивных решений, которые при аварийном выходе из строя или локальном повреждении отдельных несущих элементов конструкций препятствуют прогрессирующему обрушению сооружения;
- использование комплекса специальных организационных мероприятий, обеспечивающих ограничение и контроль доступа к основным несущим конструкциям сооружения.

Для каждой учитываемой расчетной ситуации надежность строительных конструкций должны быть обеспечены :

а) выполнения нормативных требований при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений, а также при изготовлении и транспортировке строительных объектов;

б) расчета сооружения в целом и его отдельных конструктивных элементов по всем учитываемым предельным состояниям;

в) использования для всех учитываемых предельных состояний коэффициентов надежности:

г) учета при расчете и проектировании:

- запаса прочности строительных конструкций;
- их долговечности, включая выбор проектного срока эксплуатации;
- степени и качества предварительных исследований грунта и возможных влияний окружающей среды;
- точности использованных расчетных моделей;

- качества технической документации;
- д) выбора оптимальных конструктивных решений, материалов, технологических процессов изготовления и монтажа строительных конструкций;
- е) создания условий, гарантирующих нормальную эксплуатацию строительных объектов;
- ж) контроля поведения сооружения в целом и его отдельных конструктивных элементов при их эксплуатации;
- з) применения профилактических и защитных мероприятий (например, использование барьеров безопасности, использование активных и пассивных противопожарных мероприятий, защиты от коррозии и других),
- и) контроля качества проектирования, изготовления и возведения строительных объектов;
- к) контроля технического состояния сооружения в целом и его отдельных конструктивных элементов в соответствии с требованиями, определенными в проектной документации;
- л) минимизации возможных последствий ошибочной деятельности человека.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 27751-88. Надежность строительных конструкций и оснований. М.:Стройиздат.1988г. – 6 с.
2. Металлические конструкции. В 3-х т. Т.3. «Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений». Справочник проектировщика. Под общей редакцией В.В. Кузнецова – М.: Издательство АСВ, 1998г.- 528 с.

УДК 725.41:622.33

### **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**

**Коркин Е.В.**

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: loren.nimen@yandex.ru*

В статье рассматриваются решения проектирования цеха металлоконструкций. Цех предназначен для размещения оборудования и рабочих мест, необходимых для обработки деталей шахтного оборудования. Здание электромеханического цеха относится к категории повышенной опасности. Объемно-планировочное решение здания следует принимать в связи с назначением, технологическим процессом, электробезопасности и учета климатиче-

ских условий строительства.

Ключевые слова: цех, стропильная ферма, подкрановая балка, охрана труда, электромагнитное поле, заземление.

В угольной промышленности состояние оборудования играет ключевую роль. В шахтах используются буровые установки с электродвигателями, состояние которых напрямую влияет на скорость и на объем добычи угля. Для обслуживания шахтного оборудования на территории предприятия предусмотрено здание электромеханического цеха.

Электромеханический цех имеет станочное отделение, в котором установлено штатное оборудование: токарные, фрезерные, строгальные и другие станки.

В здании предусмотрены помещения для цеховой трансформаторной подстанции, венткамеры, кузницы, слесарно-сортировочной мастерской, инструментальной, для бытовых нужд, административные помещения, склады для инструмента, материалов, деталей, масел, моечного отделения и др.

Грунт в районе строительства электромеханического цеха – суглинок.

Цех – это прямоугольное в плане здание. Размеры здания 120×48 м. Здание цеха одноэтажное, железобетонное, отапливаемое. Цех имеет два пролета одинаковой высоты. Пролет А-Б – 12 м высотой 8 м до низа несущих конструкций и пролет Б-В – 12 м высотой 8 м. План здания смотри рисунок 1.

Стены – железобетонные, толщиной 640 мм. Здание оборудовано двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 10 т.

В здание предусмотрено холодное чердачное помещение. Мягкая кровля уложена по ребристым плитам перекрытия, стальной профлист по стальным прогонам, установленным в узлах стальной стропильной фермы.

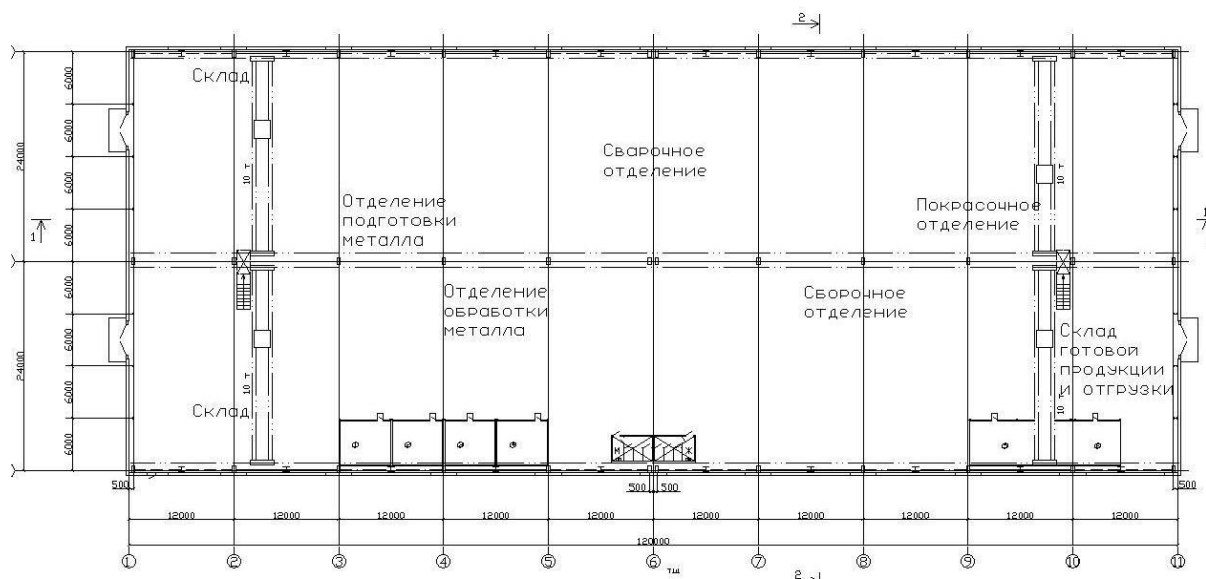


Рисунок 1 – План здания

В цехе подготовки металла, помещение относится к категории повышенной опасности.

Для всех групп станков общие требования безопасности заключаются в правильном размещении оборудования в соответствии с технологией производства, соблюдением допустимых расстояний между станками и от станков до стен здания. Во избежание захвата одежды движущимися частями станка, одежда не должна иметь рваных ниток и на рабочем должна быть застегнута, а движущиеся части станков должны иметь ограничения и кожухи. Также во избежание ранения лица и глаз рабочего в зоне резания устанавливают защитные щитки из прочного прозрачного материала.

Во избежание поражения электрическим током необходимо применять заземляющие устройства. Заземлению подлежат: корпуса электрических машин и аппаратов, светильники, ручные приводы, коммутационные аппараты, корпуса распределительных щитков и так далее.

Схемы цеховых сетей делят на магистральные и радиальные.

Линию цеховой электрической сети, отходящую от распределительного устройства низшего напряжения цеховой трансформаторной подстанции и предназначенную для питания отдельных наиболее мощных приемников электроэнергии и распределительной сети цеха, называют главной магистральной линией (или главной магистралью). Главные магистрали рассчитывают на большие рабочие токи (до 6300 А).

Классификация помещений по электробезопасности.

Опасные и вредные производственные факторы, связанные с использованием электрической энергии. Факторами опасного и вредного воздействия на человека, связанными с использованием электрической энергии, являются:

- протекание электрического тока через организм человека;
- воздействие электрической дуги;
- воздействие биологически активного электрического поля;
- воздействие электростатического поля;
- воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) и т.д.

Биологически активными являются электрические и магнитные поля, напряженность которых превышает предельно допустимые уровни (ПДУ) – гигиенические нормативы условий труда.

Опасные и вредные последствия для человека от воздействия электрического тока, электрической дуги, электрического и магнитного полей, электростатического поля и ЭМИ проявляются в виде электротравм, механических повреждений и профессиональных заболеваний. Степень воздействия зависит от экспозиции фактора, в том числе: рода и величины напряжения и тока, частоты электрического тока, пути тока через тело человека, продолжительности воздействия электрического тока или электрического и магнитного полей на организм человека, условий внешней среды.

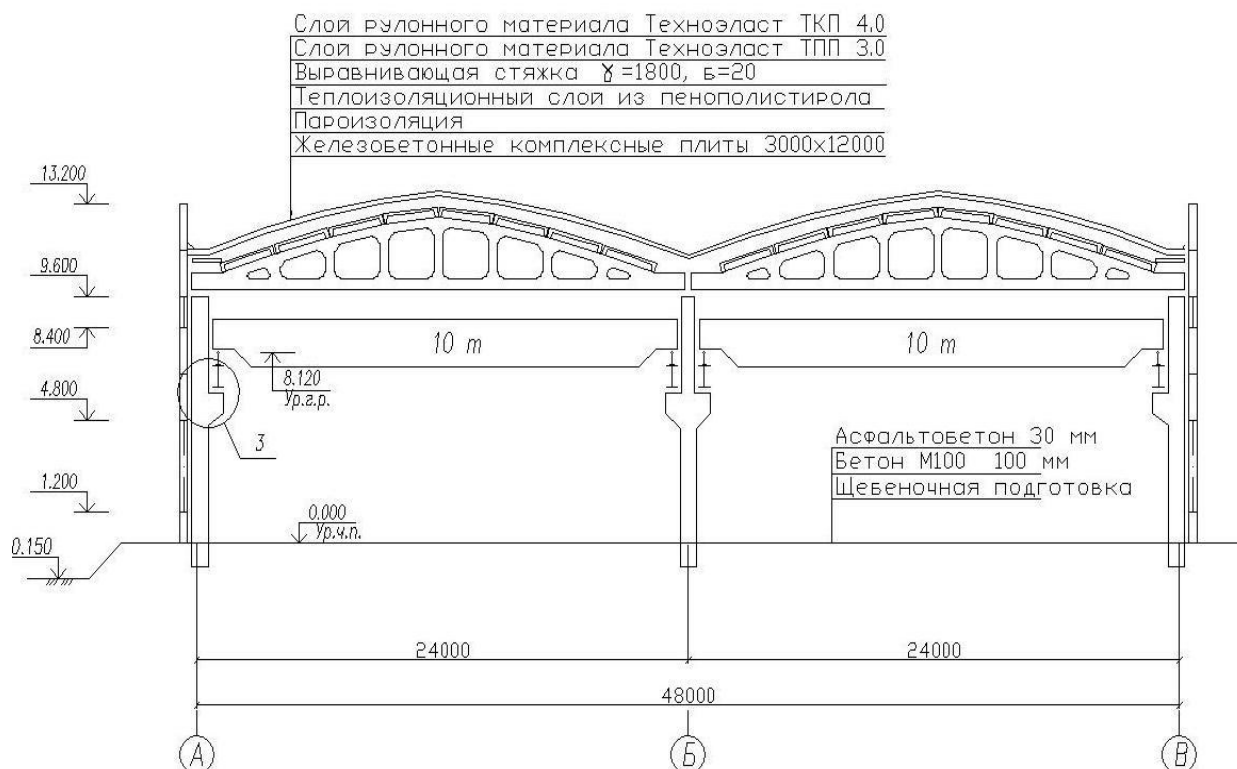


Рисунок 2 – Решение кровли

Исходя из требований пожаробезопасности в качестве материала для несущих конструкций необходимо использовать железобетон. Так как протечки кровли в цехе недопустимы, то необходима дополнительная защита кровли, пример решения кровли представлен на рисунке 2.

#### Библиографический список

1. Зимин Е.Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок / Е.Н. Зимин – М.: Энергоатомиздат, 2006 г.
2. Ипатов И.И. Организация и планирование машиностроительного производства / И.И. Ипатов – М.: Машиностроение, 2008 г.
3. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок / Ю.Б. Липкин – М.: Энергоатомиздат, 2010 г.
4. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций, справочник материалы / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков – М.: Энергоатомиздат, 2009 г.

## **ОБОСНОВАНИЕ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА**

**Кузьмина Н.Г.**

**Научный руководитель: канд. архитектуры, доцент Благиных Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: shagdarova-ap@mail.ru*

С развитием городов возникает необходимость изменений в их градостроительной структуре и планировочных решениях. Исследование направлено на обоснование необходимости восстановления сложившейся городской среды посредством реновации промышленных комплексов. Рассмотрено несколько примеров отечественного и зарубежного опыта адаптации индустриального наследия к современному контексту города

Ключевые слова: реновация, восстановление, городская среда, промышленные территории.

Цель данного исследования заключается в изучении отечественного и зарубежного опыта адаптации более не актуальных промышленных объектов и территорий в инновационные зоны, способствующие устойчивому развитию города.

Одна из задач исследования: проанализировать отечественные и зарубежные примеры опыта реновации.

Объект исследования: промышленные здания и сооружения.

Предмет исследования: примеры реновации, принципы архитектурной адаптации промышленных объектов к новой функции.

Актуальность работы заключается в необходимости применения в дальнейших научных исследованиях знаний и наработок, полученных в результате анализа отечественных и зарубежных проектов реновации.

Мощнейшие промышленные комплексы в России создавались в XX веке во времена индустриализации страны. Основной задачей индустриализации была трансформация аграрной страны в ведущую индустриальную державу. Многие поселения возводились вокруг предприятий, которые становились затем градообразующими.

Однако, в наше время ситуация кардинально изменилась. В прошлом мощнейшие промышленные комплексы превратились в склады и свалки. Во многих городах, практически в их центральных районах, оказались огромные неиспользуемые промышленные территории с заброшенными производствами. Назрела необходимость решения этой проблемы с тем, чтобы использовать эти огромные территории в интересах горожан и развития экономики страны.

*Проект Золотой остров.* В проект «Золотой Остров» включена территория острова напротив Кремля от Большого Москворецкого моста до памятника Петру Великому на Стрелке. Корпуса фабрики, представляют собой памятники промышленной архитектуры, которые предложено реконструировать (рисунок 1).

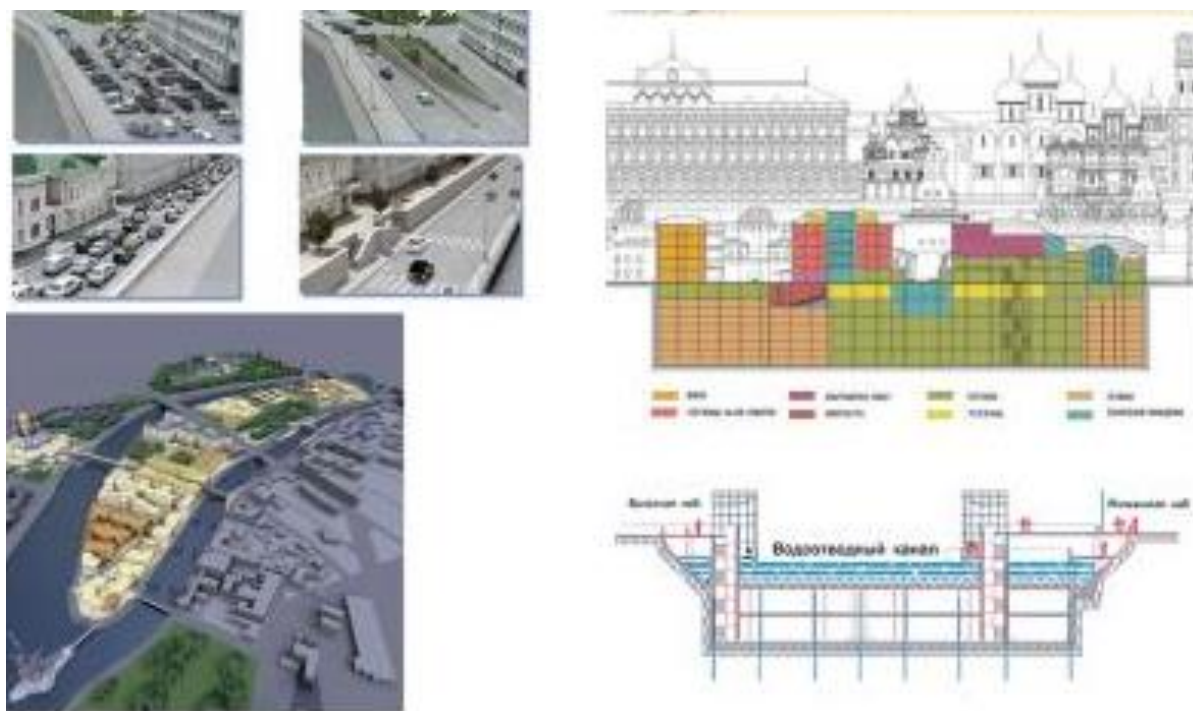


Рисунок 1 – Проект «Золотой Остров» в Москве

Учитывая особенности зданий, здесь предполагается образование различных общественных функций и индивидуальных жилых «лофтов». Кроме этого, благодаря своему месторасположению территория представляется привлекательной как рекреационная и прогулочная зона [1].

*Красный пролетарий.* Архитектурно-планировочная концепция развития и реструктуризации территории завода «**Красный пролетарий**» была предложена московским архитектором **Сергеем Скуратовым**.

Вся территория квартала разделена по принципу «частное – общественное» на две категории пространств. В планировочной структуре территории явно прослеживается взаимоотношение двух градостроительных направлений: «белого» и «красного». Их взаимодействие, основанно на цветовом решении красно-кирпичной и белокаменной архитектуры монастыря, это становится главной стилеобразующей темой нового квартала. При этом красный цвет – это монастырская и красно-кирпичная промышленная застройка. Белый цвет декоративной отделки памятников классической московской архитектуры и основной цвет новой, легкой и динамичной архитектуры XX века. Такое образное решение позволяет одновременно сохранить «гений места» и реабилитировать его под новую жизнь и новые функции [2].





Рисунок 2 – Реструктуризация завода «Красный пролетарий»



Рисунок 3 – Центр искусств и медиатехнологий в Карсруэ

Рассмотрим примеры зарубежного *опыта реновации промышленных территорий.*

*Центр искусств и медиатехнологий в Карсруэ (рисунок 3)*

Проект современного общественного центра на территории и в корпусах бывшего предприятия «IKWA-Карлсруэ-Аугсбург» стал одним из ярким образцом радикального изменения роли функции промышленного объекта в городской среде. Данное здание было выявлено как памятник промышленной архитектуры. Конкурс на реконструкцию, обслуживание и расширение здания завода выиграла архитектурная мастерская ASP SCHWEGER ASSOZIIERTE, внедрившая новые высокотехнологичные элементы [5]. Современные электронные технологии, как правило, требуют простые по форме пространства – не более чем обыкновенную коробку, поэтому промышленные залы фабрики, с крупными пролетами, высокими потолками представляли идеальную форму для них.

Особое внимание было уделено благоустройству территории вокруг здания, восстановлению максимально естественной природной среды. Это еще раз подчеркивало задуманный контраст между высокими технологиями внутри комплекса и живой природой, окружающей при выходе из здания [3].

#### *Комплекс Газгольдеров в Вене, Австрия*

Газгольдеры были построены в Вене между 1896 и 1899 годами. В результате того, что здания были не востребованы, сохранилась лишь историческая кирпичная оболочка, заявленная как памятник архитектуры. В 1995 году было принято решение о преобразовании функции существующих газгольдеров в жилые и торгово-деловые помещения [4]. По итогам конкурса архитекторы четырех мастерских претворили свои задумки в жизнь. Реализованный проект представляет собой замкнутую структуру, возвышающуюся над окружающими пустырями. Теперь это не заброшенные оболочки, а привлекательные офисы, квартиры и магазины (рисунок 4).



Рисунок 4 – Комплекс Газгольдеров в Вене, Австрия

Современные социально-экономические условия России, появление жестких требований к более эффективному использованию территорий промышленных предприятий и к экологии окружающей среды, поставили перед архитекторами-исследователями, городской администрацией, руководством промышленных предприятий, размещенных на территории города, необходимость научного обоснования их дальнейшего существования, реновации и развития.

В структуре развивающегося современного города в последние годы проблема реструктуризации и реорганизации промышленных территорий является особенно актуальной. Целесообразность внедрения альтернативных функций обуславливают современные социальные, экономические, психологические и эстетические факторы. Преобразование промышленных территорий – серьезная, не только социально-экономическая, но и архитектурная проблема. Получение полноценной архитектурно-ландшафтной среды является естественной потребностью жителей города, залогом дальнейшего устойчивого развития городского образования.

#### Библиографический список

1. Андреев М. Реновация промышленных территорий и объектов. [Электронный ресурс] [http://arch-grafika.ru/publ/bez\\_kategorij/bez\\_kategorij/renovacija\\_promyshlennykh\\_territorij\\_i\\_obektov/12-1-0-69/](http://arch-grafika.ru/publ/bez_kategorij/bez_kategorij/renovacija_promyshlennykh_territorij_i_obektov/12-1-0-69/)
2. Цитман Т.О., Богатырева А.В. Реновация промышленной территории в структуре городской среды // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский инженерно-строительный институт. Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2015. №4 (14). С.29-35.
3. Дрожжин Р. А. Реновация промышленных территорий // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015. № 1 (11). С.84-86.
4. Чайко Д.С. Современные направления интеграции исторических производственных объектов в городскую среду: автореф. дис. канд. архитектуры: 18.00.02 / Д. С. Чайко. – М.: МАРХИ, 2007.
5. Алисон Ахерн, Эндрю Форбс, Фей Свит, Хамиш Скотт. 100 чудес современной архитектуры / Пер. с англ. – М.: ЗАО «БММ», 2006. – 240 с.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В Г. НОВОСИБИРСКЕ**

**Лежнёв А.И.**

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: lezha1994@icloud.com*

В статье рассматриваются решения проектирования шестнадцатиэтажного жилого дома. Назначение постройки – здание с расположенными на первом и втором этаже помещениями для офисов. Решающую роль в определении объемно-пространственной композиции многоэтажного жилого дома играет избранный принцип организации среды, оптимальный для работы в офисной части и проживания людей в жилой части многоэтажного дома. Одновременно с этим на сооружение значительное влияние оказывает градостроительная ситуация, обуславливающая индивидуальное решение объемов, его структурное построение, высотность и габариты.

Ключевые слова: жилой дом, каркас, плита перекрытия, армопояс, техника безопасности.

Проектируемое здание имеет сложную планировочную структуру с блоками различного назначения и по типологическому признаку подразделяется на следующие функциональные блоки:

- блок офисных помещений (подвал, 1 и 2 этажи) в многоэтажном доме;
- жилой блок (3-16 и технический этажи) в многоэтажном доме.

В подвале здания располагаются технические помещения, помещения общественного назначения, проходят инженерные коммуникации. На 1 и 2-м этаже находятся помещения под офис с обособленными входами и выходами, с 3-го этажа и выше располагаются квартиры. Здание имеет незадымляемые лестничные клетки, 2 лифта и мусоропровод.

Высота 1-го и 2-го этажей 4,2 м, высота подвала – 3,16 м, высота 3-го и остальных жилых этажей 3,0 м, высота чердака 2,37 м.

Проектируемый жилой дом будет располагаться на территории студенческого городка СибУПК по проспекту К. Маркса в Ленинском районе г. Новосибирска.

Генеральный план и планировка решены в увязке с существующей застройкой с учетом технологических требований производства, строительных, санитарных и противопожарных норм проектирования.

С северо-запада от проектируемого здания находится учебный корпус СибУПК, с которым планируется объединить жилое здание путем сооружения аудиторного корпуса второй очередью строительства.

Южнее объекта в настоящий момент возводится ГСК «Фиалка» с га-

ражом-парковкой и спортивным блоком.

Проектируемые проезды и тротуары обеспечивают транспортную и пешеходную связь между зданиями и сооружениями.

Грунт в районе строительства – супесь.

Габаритные размеры здания -34,5 x 20,4 м. План здания смотри рисунок 1.

Стены – трёхслойные кирпичные несущие (кирпич 250, эффективный утеплитель, кирпич 120).

Здание имеет неполный каркас и состоит из сборных железобетонных колонн (сечением 400x400мм), сборных железобетонных пустотных перекрытий уложенных на ригели; роль диафрагм выполняют несущие кирпичные стены.

Длина колонн первого и второго этажей 4,2 м. Колонны типового этажа 6м, верхние колонны 1.650. Сечение колонн 400\*400. Ригели располагаются в поперечном направлении для опирания многопустотных плит перекрытия. Роль диафрагм выполняют несущие кирпичные стены.

Перекрытия приняты из многопустотных плит с предварительно напряженной арматурой высотой 220мм. При проектировании я использовал серийные и индивидуальные плиты.

В здании предусмотрены шахты лифтов, лестницы, балконные и карнизные плиты.

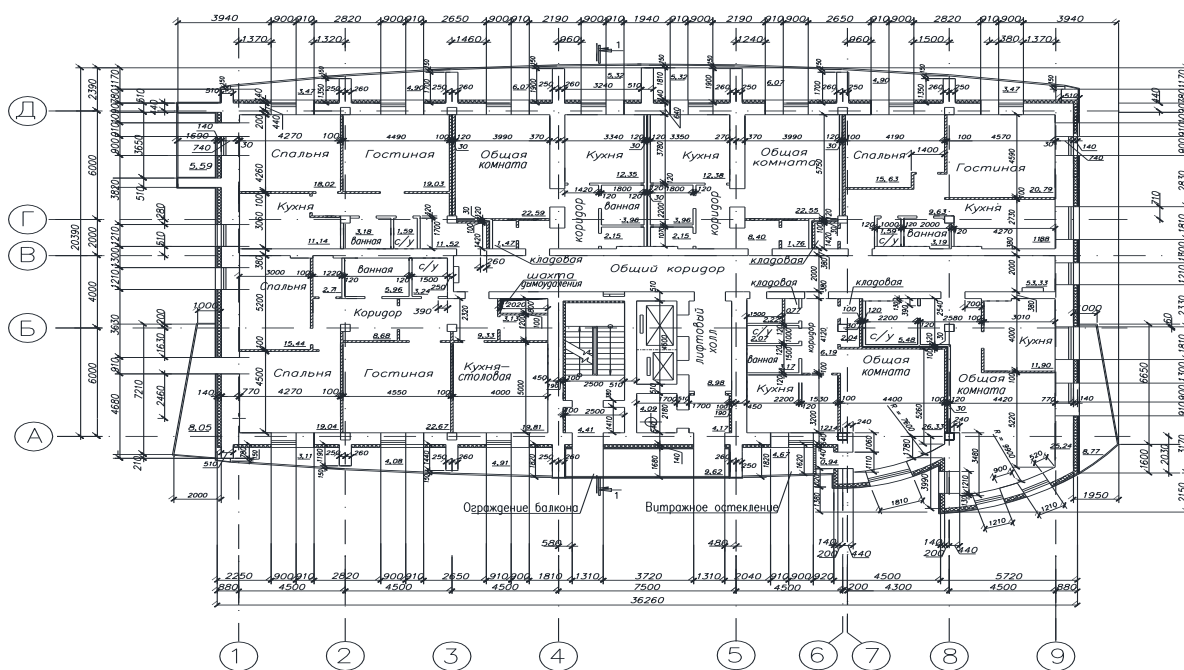


Рисунок 1 – План здания

Возведение здания производится по захватной системе.

Комплекс монтажных работ включает в себя ряд последовательно выполняемых процессов: установку колонн, кладку стен, установку ригелей, плит перекрытий, балконных плит, лестничных маршей и площадок. Для

выполнения указанных процессов применяем один монтажный кран КБ-403Б.

Одним из наиболее важных вопросов для обеспечения безопасности строительства является правильная организационно - техническая подготовка к строительству. Это подготовка проводится в два этапа: организационный и технический. На стадии организационной подготовки разрабатывается проект организации строительства (ПОС), а на технической стадии – проект производства работ (ППР).

#### Библиографический список

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс, Изд.5, переработанное и дополненное, М.: Стройиздат, 2009 г.
2. Голишев В.К. и др. Разработка и проектирование стройгенпланов. Учебное пособие. - Новосибирск: НГАСУ, 2015 г.
3. Кутухтин Н.В. Гражданские и сельскохозяйственные здания и сооружения. -М.: Стройиздат, 2010 г.
4. Попов Н.Н., Чарьев М. Железобетонные и каменные конструкции. Учебное пособие –М: Высшая школа, 2010 г.

УДК 691.335

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРБЕТОНА

**Лихачев В.Е., Лопухова А.Ю.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент, Камбалина И.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: adim8031@rambler.ru*

В статье рассмотрено получение полимербетона с использованием в качестве наполнителя техногенных отходов, а именно мраморной крошки и отбеленного доменного граншлака, полученного по патенту №2232139. Произведен расчет состава бетона. Приведены основные характеристики сырья, состав полимербетона и его свойства.

Ключевые слова: техногенные отходы, полимербетон, отбеленный доменный шлак, наполнитель, свойства.

В настоящее время для повышения экологичности и эффективности промышленных предприятий актуально развитие ресурсосберегающих технологий, позволяющих использовать отходы промышленности и снизить антропогенную нагрузку предприятий на окружающую среду.

Полимербетоны - перспективный строительный материал, обладающий высокими прочностными характеристиками и стойкостью к агрессивным сре-

дам. Однако он имеет недостаток - высокую стоимость. В связи с этим возникает потребность в удешевлении и разработке новых полимерных композиций, обладающих повышенными механическими и физико-химическими свойствами. Применение техногенных отходов в качестве наполнителей и модификаторов полимербетонов позволит решить не только поставленные выше проблемы, но и приведет к заметному экологическому эффекту [1].

Одним из техногенных отходов является мраморная крошка, по ГОСТ 8267-82, которую предлагается применить в качестве наполнителя полимербетона. Предприятие изготовитель мраморной крошки: ООО «Гранит» г. Белово.

Материал, применяемый для наполнителя должен удовлетворять следующие требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика наполнителя – мраморной крошки

Наименование показателя	Норма расхода
Внешний вид	Твердое вещество белого цвета без значительных посторонних включений, не более 0,25%
Массовая доля, %	Не более 15
Максимальный размер кусков, мм	Не более 15

Основные характеристики отбеленного граншлака [2] приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики, определяющие качество шлака

Коэффициент качества, К	Модуль основности, $M_o$	Модуль активности, $M_a$	Модуль кислотности, $M_k$	Силикатный модуль, п
1,66	1,06	0,31	0,94	3,19

Анализ показал, что шлаки удовлетворяют требованиям по содержанию оксидов, а именно: содержание закиси марганца (MnO) не превышает 4 %, сульфидной серы (SO<sub>3</sub>) - 5 %, закиси магния (MgO) - 1,8 % (таблица 3).

Таблица 3 - Химический состав доменных шлаков

Содержание оксидов, %										
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ППП
36,06	11,01	42	8	0,3	0,4	0,78	0,8	0,52	<0,03	0

Таблица 4 – Физико-механические характеристики доменного гранулированного шлака

Характеристики	Значения
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2900
Плотность в зерне кг/м <sup>3</sup>	1700
Насыпная плотность кг/м <sup>3</sup>	1190
Насыпная плотность в уплотненном состоянии	1350
Водопоглощение %	12
Пористость зерен %	33
Межзерновая пустотность %	46
Прочность в цилиндре, МПа	48
Показатель истираемости, %	58

Состав бетона установлен по рекомендации лаборатории, основанной на результатах анализа сырьевых материалов специалистов ОАО «Запсиб-Полимер». Гранулометрический состав наполнителя был рассчитан по способу подбора прерывистого гранулометрического состава плотных смесей многокомпонентных систем.

Технология получения полимербетона состоит из следующих операций: - подготовка наполнителя; подготовка жидко-вязких компонентов; подготовка пресс-форм; нанесение гелевого слоя; приготовление формовочной массы; заливка формовочной массы в пресс-формы; отверждение; извлечение изделий из форм; механическая обработка изделий.

В данной работе рассмотрено такое соотношение:

- смола полиэфирная ненасыщенная (связующее) - 100 весовых частей;
- пероксид метилэтилкетона, 50 %-ный (инициатор) - 1-2 весовые части;
- нафтенат кобальта, 10 %-ный стирольный раствор (ускоритель) - 1-3 весовые части;
- пигменты;
- мраморная крошка - 300 весовых частей.

Соотношение компонентов определяет жизнеспособность массы, продолжительность полимеризации(отверждения), а также свойства получаемого материала. Получены основные свойства полимербетонных изделий: плотность  $\rho = 2140 \text{ кг/м}^3$ ; водопоглощение - не более 0,2%; сопротивление изгибу - не менее  $950 \text{ кг/см}^2$ ; прочность на разрыв - не менее  $650 \text{ кг/см}^2$ ; прочность на сжатие - не менее  $1400 \text{ кг/см}^2$ .

В качестве исходного состава полимербетона были приняты следующие процентные соотношения компонентов по массе:



- 1) Смола полиэфирная ненасыщенная – 24,5%
- 2) Инициатор твердения (пероксид метилэтилкетона) – 0,4%
- 3) Ускоритель твердения (нафтенат кобальта) – 0,6%
- 4) Пигмент (краситель) – 0,5%
- 5) Мраморная крошка – 37%
- 6) Отбеленный доменный граншлак – 37%

Разработанный полимербетон применим для строительной отрасли (лестницы, тротуарная плитка, подоконники, ограждения и др.), ландшафтного дизайна (скульптуры, садовая мебель, фонтаны), мебельного производства (столешницы и прочие оригинальные предметы обстановки), а также сферы ритуальных услуг (памятники и ограждения).

#### Библиографический список

1. Панова В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии : монография / В.Ф. Панова; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009 - 289 с.

2. Декоративный шлаковый цемент. Панова В.Ф. и др. Патент №2232139 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С 04 В 7/14. Сибирский государственный индустриальный университет, ОАО «ФИННАРТ Сиб». - №2002135577; заявл. 21.12.02 ; опубл. 10.07.04, Бюл. №19. – 10 с.

УДК 691.32

## **САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ**

**Маренич Е.А.**

**Научный руководитель: Матвеев А.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: Recrearh@gmail.com*

Материалы данной статьи посвящены самоуплотняющемуся бетону – материалу, который способен уплотняться под действием собственного веса, полностью заполняя форму даже в густоармированных конструкциях. Он находит все более широкое применение. Перспективным является его использование для производства сборного железобетона, устройства монолитных высокопрочных бесшовных полов, торкретбетонирования, реставрации и усиления конструкций. В этой статье мы рассмотрим, чем же самоуплотняющийся бетон отличается от традиционно применяемого?

Ключевые слова: бетон, самоуплотняющийся бетон, свойства СУБ, состав СУБ, сравнение СУБ.

Почти четверть века назад в технологии бетона сформировалось новое направление – самоуплотняющиеся бетоны (далее СУБ). Основоположником

этого направления в технологии бетона считается японский профессор Окамура. Появление его связано с естественным стремлением строителей снизить трудозатраты при бетонировании конструкций. Технически возможность получать бетонные смеси, не требующие принудительного уплотнения при укладке без потери в качестве, реализовалась во многом благодаря применению добавок на основе эфиров поликарбоксилатов. Кроме применения особого вида пластификаторов технология СУБ имеет ряд других особенностей, касающихся методик подбора составов, специфики испытаний реологических свойств смесей, особенностей приготовления, транспортировки, укладки и др. Так, например, изучение одной лишь реологии СУБ заставляет вырабатывать новые подходы к описанию процессов, происходящих при течении и уплотнении такой бетонной смеси.

Таблица 1. Классификация бетонных смесей для производства самоуплотняющихся бетонов

Наименование бетонной смеси	Обозначение	Назначение и области применения самоуплотняющихся бетонов
Высокоподвижная (Flowability Slump-flow)	SF1 (550...650 мм)	Неармированные или низкоармированные бетонные конструкции – плиты перекрытий, трубопроводы, облицовки туннелей, фундаментов.
	SF2 (660...750 мм)	Большинство обычных сооружений – колонны, стены.
	SF3 (760...850 мм)	Вертикальные элементы, густоармированные конструкции сложных форм, торкретирование.
Вязкая (Viscosity)	VS1/VF1 (вязкость менее 8 секунд)	Конструкции и изделия, к которым предъявляются высокие требования по качеству поверхности и не требующие дополнительной обработки.
	VS2/VF2 (вязкость 9...25 секунд)	Конструкции невысокого класса прочности. Ввиду повышенной расслаиваемости тиксотропные свойства быстро изменяются за небольшой промежуток времени, что ограничивает расстояние транспортировки.

Продолжение таблицы 1

Наименование бетонной смеси	Обозначение	Назначение и области применения самоуплотняющихся бетонов
Легкоформируемая (Passing ability)	РА 1	Вертикальные сооружения, домостроение, конструкции, армированные с шагом от 80 до 100 мм.
	РА 2	Инженерные сооружения, армированные с шагом от 60 до 80 мм.
Устойчивая к расслоению (Segregation resistance)	SR1 (расслаиваемость не более 20%)	Высотные элементы, за исключением тонких балок, вертикальные сооружения, армированные с шагом до 80 мм. Максимальное расстояние транспортировки менее 5 метров.
	SR2 (расслаиваемость не более 15%)	Стены и тонкостенные профили, армированные с шагом свыше 80 мм. Максимальное расстояние транспортировки более 5 метров.

Сегодня этот бетон активно применяется в различных странах мира при возведении объектов, требующих повышенной прочности. В России он применялся эпизодически, при возведении единичных объектов. И только недавно отечественные заводы наладили массовый выпуск СУБ и продукции из него.

Самоуплотняющийся бетон отличается от других видов своим составом, обеспечивающим возможность уплотнения раствора под действием силы тяжести.

Таблица 2 - Состав бетонной смеси для самоуплотняющихся бетонов

Компоненты бетонной смеси	Расход составляющих на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси
Япония	
Вода, кг	175
Портландцемент с пониженным тепловыделением, кг	530
Зола, кг	70
Мелкий заполнитель, кг	751
Крупный заполнитель, кг	789

Продолжение таблицы 2

Компоненты бетонной смеси	Расход составляющих на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси
Добавка суперпластификатор, кг	9
Европейский Союз	
Вода, кг	190
Портландцемент, кг	280
Известковый наполнитель, кг	245
Мелкий заполнитель, кг	865
Крупный заполнитель, кг	750
Добавка суперпластификатор, кг	4,2
США	
Вода, кг	180
Портландцемент, кг	357
Гранулированный шлак, кг	119
Мелкий заполнитель, кг	936
Крупный заполнитель, кг	684
Добавка суперпластификатор, мл	2500
Индия	
Вода, кг	163
Цемент, кг	330
Зола высококальциевая, кг	150
Крупный заполнитель 10 мм, кг	309
Крупный заполнитель 20 мм, кг	455
Мелкий заполнитель, кг	917
Добавка суперпластификатор, мл	2400

Высокие требования, предъявляемые к СУБ, определили его отличия. Данная смесь характеризуется более низким процентом содержания воды при высокой плотности и отличной удобоукладываемости. Лучшая плотность данного товара способствует снижению риска возникновения коррозии, так как почти полное отсутствие микропор не дает проникать влаги в изделия из него.

Основной добавкой в нем является поликарбоксилат – полимер нового поколения, определивший характеристики СУБ:

- подвижность;
- высокую вязкость;
- устойчивость к расслаиванию.

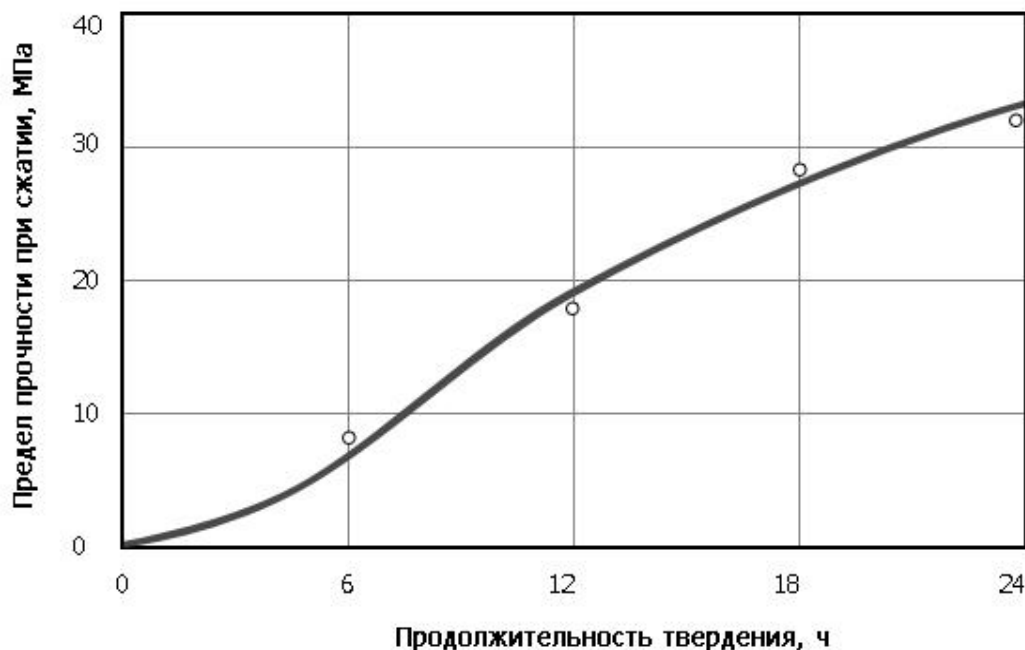


Рисунок 1 - Кинетика роста прочности самоуплотняющегося бетона

За счет этого продолжительность пластифицирующего действия поликарбоксилатов в 3–4 раза больше по сравнению с сульфомеланиновыми, сульфонафталиновыми формальдегидами или лигносульфонатами. Указанная способность позволяет не только повысить подвижность раствора в ранние сроки, но и сохранять ее в течение большего периода времени, что положительно сказывается на сроках транспортировки бетонных смесей с заводов к местам строительства.

Механизм действия нового суперпластификатора заключается в том, что частицы поликарбоксилатов адсорбируются на поверхности цементных зерен и сообщают им отрицательный заряд. В результате цементные зерна взаимно отталкиваются и приводят в движение цементный раствор (рис. 2). Только небольшая часть цементного зерна покрыта полимером, и свободной поверхности флоккулы цемента достаточно для доступа воды и протекания реакции гидратации. Отметим, что структуры полимеров различаются по длине основной цепи, длине боковых цепей, количеству боковых цепей и ионному заряду. Поэтому свойствами данных полимеров можно управлять, изменяя молекулярную структуру и направленно воздействуя на свойства бетона.

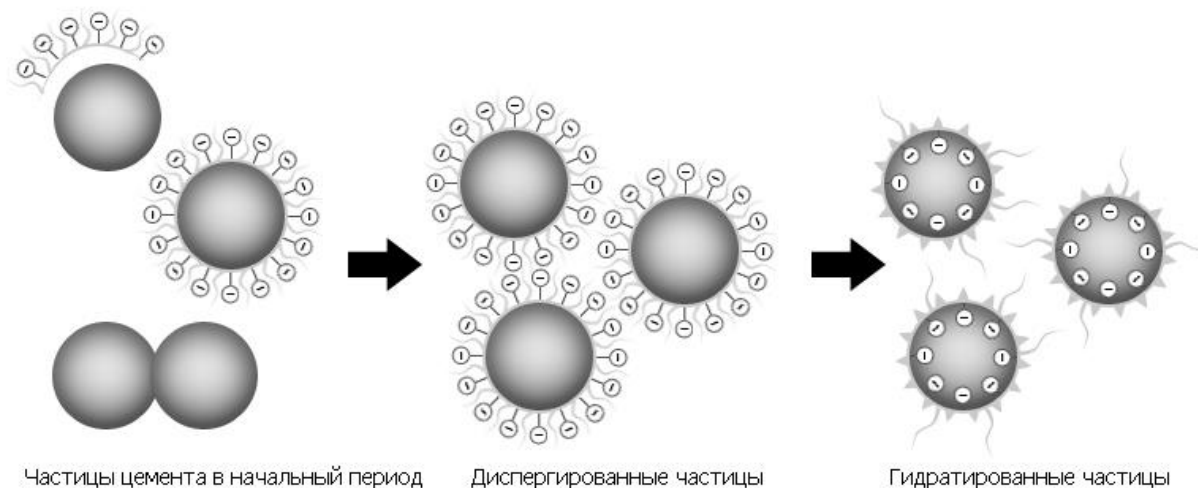


Рисунок 2 - Механизм действия добавки поликарбоксилата

Проектировщики ставят своей задачей возможно более длительную эксплуатацию строительных сооружений. Например, расчетный срок службы моста Акаши Кайкё составляет 200 лет. Бетон фундаментов и опор пилонов подвержен воздействию не только нагрузке от самого моста и транспорта, движущегося по нему, но и агрессивных компонентов, растворенных в морской воде. Последние, особенно сульфат ионы, способствует развитию коррозии.

Повышенная плотность материала, отсутствие в его структуре крупных пор и капилляров препятствуют проникновению агрессивной среды вглубь бетона, снижая риск развития процессов коррозии. По расчетам [см. *Min D., Minshu T. Formation and expansion of ettringite crystals // Cement and concrete research, 1994, 24-(1)*], кристаллизационное давление этtringита в порах способно достигать значений 54 МПа. Кроме того, проектная прочность зачастую превышает 100 МПа, соответственно, напряжений, возникающих от образования экспансивных фаз, недостаточно для начала трещинообразования.

Однако трещинообразование в самоуплотняющемся бетоне может развиваться не под воздействием агрессивной среды, а за счет термических напряжений, так как при возведении крупных сооружений объемы формуемых монолитных конструкций зачастую составляют десятки и даже тысячи кубических метров. Известно, что в течение небольшого промежутка времени вследствие экзотермического эффекта температура бетона значительно возрастает и может превысить температуру окружающей среды. При этом для 1 м<sup>3</sup> бетона разница температур между наружными и внутренними слоями может достигать 6–8 С. Благодаря явлению тепловыделения в результате протекания реакций гидратации цемента изменяется температурное поле в изделии, возникают дополнительные внутренние напряжения, представляющие опасность для еще не сформировавшейся структуры материала. Авторами с помощью разработанной методики расчета температурных полей в

бетоне проведена оценка и определено, как будет изменяться температура по сечению материала в зависимости от объема формовки (рисунок 3).

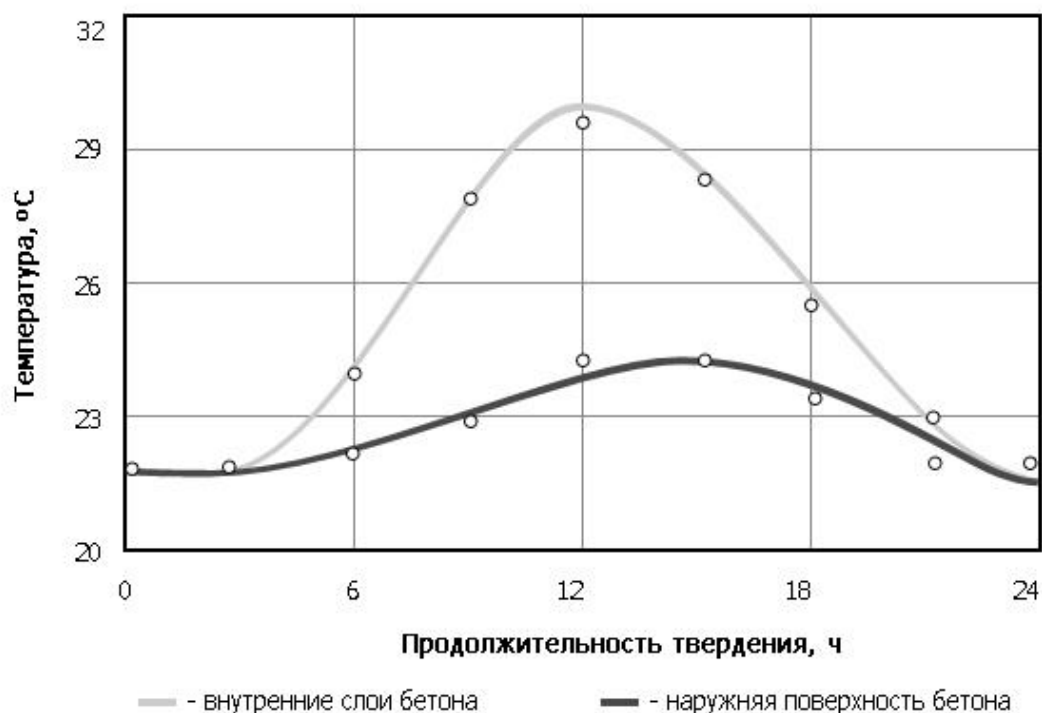


Рисунок 3 - Кинетика изменения температуры внутренних слоев и наружной поверхности бетона в процессе гидратации цемента

Также повышению температуры бетонной смеси, а, следовательно, и риску появления сети трещин, способствует разогрев при ее транспортировке от создаваемого трения о стенки трубопровода. При увеличении температуры окружающей среды этот эффект значительно усиливается и приводит, в конечном счете, к ухудшению качества поверхности бетонных изделий, нарушению их структуры, долговечности и коррозионной стойкости. Для снижения внутренних напряжений и, соответственно, риска трещинообразования рекомендуется использовать вяжущие вещества с низким тепловыделением, незначительным содержанием щелочей, сульфатостойкий или шлакопортландцемент.

Самоуплотняющийся бетон находит все более широкое применение. Перспективным является его использование для производства сборного железобетона, устройства монолитных высокопрочных бесшовных полов, торкретбетонирования, реставрации и усиления конструкций. С одной стороны, распространение самоуплотняющихся бетонов ограничивается дороговизной добавок поликарбоксилатов. Однако использование этого материала позволяет отказаться от виброуплотнения, что в свою очередь уменьшает энергозатраты и экономит время, улучшая санитарно-гигиенические условия труда работающих. Безвибрационная технология настолько снижает уровень шумового воздействия на человека и окружающую среду, что заводы железобе-

тонных изделий можно размещать в урбанизированных городских районах.

В начале статьи мы поставили вопрос: что такое самоуплотняющийся бетон и в чем его отличие от классического бетона? Рецептура самоуплотняющегося бетона отличается не только вводом добавок нового поколения (поликарбоксилатов). Ее проектирование требует оптимизации гранулометрического состава и внедрения микронаполнителей. Следовательно, прогнозирование свойств получаемых изделий ставит сложную задачу перед исследователями в области бетоноведения. Улучшение показателей качества может быть достигнуто за счет применения математических моделей, учитывающих и описывающих реологию литых смесей, оптимальное распределение заполнителей в структуре материала, а также аппроксимационных статистических зависимостей, оценивающих влияние микронаполнителей на эксплуатационные характеристики сооружений. Таким образом, формируется системный подход к определению показателей качества бетона, позволяющий прогнозировать и направленно регулировать его свойства в зависимости от целей и задач, решаемых строителями и технологами.

#### Библиографический список

1. Официальный сайт фирмы Строй- Бетон // [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.ibeton.ru>.
2. Электронная библиотека студента // [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://bibliofond.ru>.

УДК 727.113:504.06

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АРХИТЕКТУРЕ ШКОЛ

**Махмутова И. Р.**

**Научный руководитель: канд. архитектуры, доцент Благиных Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: [irinamahmutowa@yandex.ru](mailto:irinamahmutowa@yandex.ru)*

Выявлены проблемы экологичности архитектуры школьных зданий. Рассмотрен и проанализирован передовой отечественный и зарубежный опыт проектирования школ с использованием разных принципов формирования экологичной архитектуры. Выявлены новые подходы к проектированию современных школьных зданий и принципы формирования их архитектуры.

Ключевые слова: архитектура, экология, школьные здания, эко стиль.

Одним из основных критериев в формировании архитектуры школьных зданий на современном этапе является экологичность. Экологизация – необходимый процесс для устойчивого и безопасного будущего наших городов, страны и всей планеты.



Вопросы экологизации в нашей стране только начинают развиваться. Однако необходимо отметить, что еще советские архитекторы доводили школьные здания и их дизайн в соответствии с экологическими стандартами до высочайшего уровня в сложных и разнообразных климатических условиях страны. Но эти стандарты в связи с появлением новых строительных технологий и нормативов во многом устарели. В связи с этим, инновационные проекты «Зеленых школ» становятся актуальными.

Зеленая школа – это школа, в которой все ученики и сотрудники задействованы в процессе поддержания экологической политики школы, занимаются экологическим просвещением, собирают и передают на вторичную переработку отходы, реализуют экологически ответственные закупки, соблюдают режим экономии ресурсов, заботятся о здоровье и снижают свой экологический след на земле. В зарубежной практике наблюдаются тенденции развития этого направления, лидерами являются такие страны как США, Великобритания, Австрия, Германия, Швейцария [1].

Актуальность данной работы заключается в необходимости систематизации знаний по экологизации архитектуры школьных зданий на современном этапе в условиях реформирования системы образования.

Новизна исследования состоит в системном анализе объектного и средового проектирования школьных зданий в XXI веке, в поиске средств их архитектурно-художественной выразительности, эффективности с точки зрения экологизации, повышении качества планировочных, объемно - пространственных решений для достижения соответствия современным потребностям населения.

XX век стал эпохой, когда в силу технического и технологического развития, роста численности населения планеты и повышения уровня его жизненных запросов человечество впервые в своей истории оказалось в ситуации, когда его деятельность вполне реально стала угрожать его же существованию. Именно поэтому и родилось экологическое движение, альтернативы которому нет. Сейчас экологическая направленность присуща всем наукам, одной из них стала архитектура.

Под термином «экологическая архитектура» понимается направление в теоретической и практической архитектуре, которое основополагающим принципом проектирования зданий считает следование природным образцам и использование экологически чистых технологий. То есть эталоном, с точки зрения приверженцев экологической архитектуры, является здание, которое по своему внешнему виду напоминает какой-либо природный объект или имеет сходное с ним внутреннее устройство; не содержит синтетические строительные и отделочные материалы; использует экологически чистые технологии для работы систем коммуникаций и прочее.

Обоснование необходимости использования таких принципов в строительстве достаточно очевидно, так как на производстве синтетических строительных материалов и при обслуживании современных жилых и иных зда-

ний до сих пор используются такие технологии, которые серьезным образом загрязняют окружающую среду и лишь способствуют дальнейшему ухудшению экологии городской среды.

В основу формирования экологической архитектуры положен стиль эко. Эко стиль – выражается за счет своей идеи, природного начала, естественности материалов, цветов и правильности форм.

В линиях и формах зданий, построенных в эко стиле, мы видим природу – линии плавные, кажутся безупречными, но в то же время бывают немного нелогичными, странными. Но на самом деле нет ничего странного, ведь природа удивительна и многообразна, поэтому архитекторы могут творить смело, не боясь быть непонятыми. Благодаря таким формам урбанистическая эко-архитектура прекрасно сочетается с окружающей природной средой.

Принципы формирования эко архитектуры:

– принцип сохранения энергии, предполагает проектирование зданий, таким образом, при котором расход тепловой энергии на отопление или охлаждение, сводится к минимуму. Например, используются солнечные панели, трансформирующиеся в черепицу;

– принцип сокращения объемов нового строительства. Во все века люди использовали материал старых зданий для строительства новых построек. Одним из примеров является аббатство Сейнт-Албан в Англии, при строительстве которого использованы кирпичи из руин римского города Веруланума;

– принцип «взаимодействия» с солнцем. В целях экономии и экологичности в эко архитектуре используются солнечные батареи, накопители солнечной энергии. Так же большая площадь окон располагается на южной стороне здания, что дает до 80 % экономии на отоплении и горячей воде;

– переработанные материалы. Например, использование бывших в употреблении грузовых контейнеров может повлиять на отказ от строительных материалов, производство которых оказывает негативное воздействие на окружающую среду;

– принцип уважения к обитателю. Этот принцип несет в себе существенное изменение подхода к функционированию здания, когда и застройщик, и проектировщик, и владелец видят в постройке не место для проживания, а корпоративное владение и совместное использование, в поддержании которого огромная роль принадлежит каждому обитателю;

– принцип уважения к месту. Речь идет об особой установке сознания, в наибольшей мере представленной восточной философией, в которой слияние с природным окружением, бесконечное всматривание в него всегда было главной ценностью;

– принцип целостности. Именно этот принцип определяет воплощение «зеленой» архитектуры, хотя, разумеется, нелегко достичь решения, в котором все перечисленные ранее подходы к задаче были бы выполнены;

– принцип рационального использования дождевой воды. Это еще один отличный элемент экологичной архитектуры. Современные системы разраба-

тываются различными способами, таким образом, они не выглядят уродливыми. Кроме того, что подобные системы выполняют свою задачу, они также непременно добавляют эстетики и индивидуальности вашему жилищу [4].

Исходя из этих принципов, здание функционирует с помощью альтернативных источников энергии и является отличным образцом экологического дизайна. В целом архитектурный объект становится жизнеспособным организмом, такая архитектура становится искусственно сформированным человеком живым организмом, с микропроцессорами и одновременно компонентами органической природы, здание способное расти, эволюционировать, подвергаться трансформациям. Такая архитектура находится в равновесии с человеком и природой.

На основании вышеизложенного, можно выявить наиболее важные элементы концепции формирования архитектуры «зеленых школ» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Концепция формирования архитектуры «зеленых школ»

Рассмотрим один из примеров зеленых школ – Marcel Sembat High School в Соттевиль-ле-Руан, во Франции (рисунок 2).



Рисунок 2 – Зеленая школа Marcel Sembat High School в Соттевиль-ле-Руан, Франция

Это образовательное учреждение располагается в небольшом городе

на севере Франции. В школе стараются как можно эффективнее использовать каждый квадратный метр территории. Под эффективностью архитектуры подразумевают экологичность. При проектировании здания школы руководствовались мыслью, что дети проводят слишком много времени в стенах серых, безликих зданий и совсем забывают, что такое природа. Чтобы вернуть детей в природную среду, дизайнеры решили максимально озеленить пространство школы.

Еще одним ярким примером зарубежного опыта является Открытая художественная школа АРАР, Корея (рисунок 3). Она сконструирована из восьми контейнеров, удобных для транспортировки, школа имеет динамичную форму и возвышается над уровнем земли примерно на три метра, имеет большой конференц-зал, две студии и галерею, все объекты построены в тесном взаимодействии с окружающей средой. Архитекторы студии LOT-EK показали на этом примере как можно использовать материалы вторично.

Одним из современных проектов экологичной школы в нашей стране является проект, созданный архитекторами компании ADM, которые стремились сделать при этом школу яркой и органичной. Интерьеры выдержаны в той же стилистике что и внешняя отделка здания: каждый класс отличается в зависимости от того какой предмет там преподают. Пример проекта архитектурной компании ADM (рисунок 4).



Рисунок 3 – Открытая художественная школа АРАР, Корея



Рисунок 4 – школа в Мамонтовке Пушкино, Россия

С большой вероятностью можно утверждать, что усилия и зеленые решения школы помогут полностью изменить систему управления отходами, поэтому все чаще при школах оборудуют:

- завод по производству биодизельного топлива для обслуживания кампуса;
- цистерны для сбора и вторичного использования дождевой воды;
- солнечные батареи и солнечные водонагреватели;
- ветродвигатель;
- аквапоника для выращивания зелени в столовой;
- биологические отходы перерабатываются с помощью специального биодигестера для производства удобрений, а затем используются для удобрения растений в саду кампуса;
- пищевые отходы из столовой потребляют животные с фермы кампуса: свиньи, козы, утки и куры [2].

Это позволяет ученикам, преподавателям и ученым жить в атмосфере бережного отношения к окружающей природе.

При организации внутреннего пространства необходимо также учитывать изменение педагогических требований к образовательному процессу. Здания школ могут состоять из отдельных секций разной степени «гибкости» [3]:

- общих (со сменной функциональной программой),
- специальных (со стационарным оборудованием),
- обслуживающих (с коммуникативными и санитарно-техническими функциями). Из таких секций можно компоновать школы.

При строительстве необходимо использовать экологические материалы, как в наружной отделке, так и в интерьерах, например, неоштукатурен-

ный кирпич, дерево и другие, уделять большое внимание вопросам озеленения прилегающей территории.

*Выводы.* В современных условиях, для формирования безопасной с экологической точки зрения среды школьных зданий, необходим постоянный поиск инновационных архитектурно-строительных и инженерных решений, в том числе концептуальных.

Выявленные новые экологические подходы в проектировании так называемых «зеленых школ» направлены в первую очередь на защиту здоровья подрастающего поколения, позволяют архитектурными средствами создавать гармоничные пространства для учебы, отдыха, работы, что напрямую связано с принципами устойчивого развития городской среды.

#### Библиографический список

1. 10 самых зелёных школ в мире. [Электронный ресурс]: статья / А. Загрядская – Режим доступа. – URL: <http://ecobureau.ru/greenschoolsintheworld>.
2. Умная архитектура школьных зданий. Современные тенденции и перспективы [Электронный ресурс] : статья / Д. Банников – Режим доступа. – URL: <http://ardexpert.ru/article/7311>.
3. Архитектура современных школьных зданий. [Электронный ресурс]: статья / П.Найдёнова – Режим доступа. – URL: <http://archvuz.ru/node/1932//na>.
4. Петров В.В. Экологическое право России. Учебник для вузов. – М.: Издательство БЕК, 1995. -557с.

УДК 628.33

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Нуриев В.Ш.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Благоразумова А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Ключевые слова: насос, кнс, сточные воды, сточные воды, AmaDS3.

На сегодняшний день существуют два основных способа перекачивания сточных вод с твердыми включениями. Во-первых, можно использовать насосы с большим свободным проходом, чтобы твердые частицы не засоряли насос и не блокировали рабочее колесо. При этом стоит помнить, что чем больше размер частиц в перекачиваемой среде, тем ниже будет эффективность и напор насоса. Во-вторых, можно обеспечить отделение твердых частиц до попадания сточной воды в насос либо уменьшить размер самих

твердых частиц.

В первом случае используются погружные насосы, не склонные к засорению, которые имеют достаточно большой свободный проход, позволяющий перекачивать неочищенные сточные воды. В последние годы наблюдается тенденция, когда в целях значительного сокращения расходов на строительство КНС применяются погружные насосы, устанавливаемые в «мокрой» приемной камере. Однако такой тип установки имеет ряд недостатков. Насосы находятся в непосредственном контакте со сточной водой и всем ее содержимым, вследствие чего они более подвержены износу и загрязнению как с внутренней, так и с внешней сторон. В случае поломки, проведения ремонтных или сервисных работ обслуживающему персоналу приходится контактировать с грязной водой, тратить много времени на очистку загрязненных участков, а иногда и на полное опорожнение насоса для проведения дальнейших технических операций. Кроме того, эта неприятная, трудоемкая и дорогостоящая работа представляет угрозу и для здоровья обслуживающего персонала. Вследствие особенностей конструкции производительность насосов, позволяющих перекачивать неочищенные сточные воды с твердыми включениями, значительно ниже, чем у классических агрегатов, оснащенных многоканальными рабочими колесами. В этом случае необходимо помнить, что чем больше размер частиц в перекачиваемой среде, тем ниже будет эффективность и напор насоса.

Второй вариант основан на принципе фильтра (с сепарацией твердых частиц на входе в насос). Этот метод в основном позволяет избежать риска засорения. Износ агрегата и необходимость обслуживания сводятся к минимуму, можно применять насосы с меньшим свободным проходом. Такие насосы более энергоэффективны и рентабельны. В классическом варианте сточные воды, прежде чем попасть в приемный резервуар, проходят грабельное отделение (где происходит первичная механическая очистка стока). Безусловно, стоимость строительства и отводимые под КНС площади увеличиваются, но в перспективе это оправдывается меньшими эксплуатационными расходами. Одна из таких установок серии AmaDS3. В стандартном исполнении установка способна обработать до 200 м<sup>3</sup>/ч неочищенных стоков, обеспечивая напор 85 м. Она относительно компактна, надежна и проста в техническом обслуживании.

*Принцип работы и устройство:* Неочищенная сточная вода сначала попадает в сепаратор, где твердые частицы отделяются от жидкости с помощью решетки. Затем она поступает в сборный резервуар. При достижении определенного уровня включается в работу насосный агрегат, подавая сточную воду в напорный трубопровод. Стоки, проходя через сепаратор в обратном направлении, смывают осевшие твердые вещества в напорный трубопровод и далее транспортируются на очистные сооружения. Как только уровень сточной воды в резервуаре достигает минимума, насос отключается. В этот момент обратный клапан автоматически открывается для поступления

следующей порции неочищенных сточных вод с твердыми включениями. Поскольку стоки, контактирующие с гидравлической частью насоса, уже предварительно (механически) очищены от твердых включений, используется насос с меньшим свободным проходом, а рабочие колеса имеют более высокий КПД. Схема работы установки показана на рисунке 1.

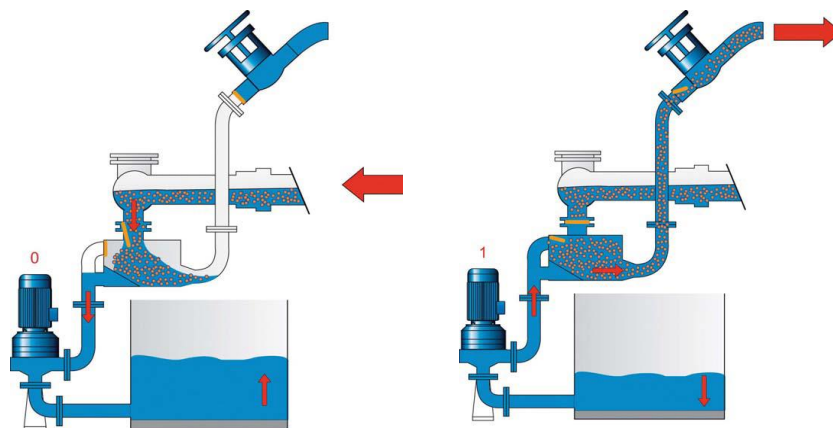


Рисунок 1- Схема работы установки AmaDS

*Экономия электроэнергии:* Одним из важных преимуществ установок AmaDS3 является их энергоэкономичность. Для сравнения рассмотрим насос мокрой установки с подачей 12 л/с (34,2 м<sup>3</sup>/ч), напором 50 м и требуемым свободным проходом около 100 мм, что достигается применением свободно-вихревого рабочего колеса. Мощность двигателя такого насоса составляет 25,6 кВт. Предполагая, что в течение года в общей сложности двигатель непрерывно работает около 1270 ч, годовое потребление электроэнергии составит 32 тыс. кВт·ч, а расход электроэнергии на обработку 1 м<sup>3</sup> сточных вод – около 0,58 кВт·ч. В отличие от предыдущего варианта насосу сухой установки, применяемому в AmaDS3, при работе с той же подачей будет достаточно иметь свободный проход 33 мм. Соответственно, мощность двигателя может быть значительно меньше – всего 14 кВт. Таким образом, потребляемая мощность составит приблизительно 17 800 кВт·ч/год, а расход электроэнергии на обработку 1 м<sup>3</sup> стока – 0,32 кВт·ч. То есть при использовании установок AmaDS3 экономия электроэнергии составляет 14 200 кВт/год.

#### Библиографический список

1. Механическая очистка городских сточных вод: Метод. указ. / Сост.: к.т.н., доц. А.М. Благоразумова: ГОУ ВПО «СибГИУ». – Новокузнецк, 2003. - 29 с.
2. СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» -М.: Стройиздат, 1986.
3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: АСВ., 2004-704
4. Карманов А.П., Полина И.Н.. Технология очистки сточных вод /Учебник для вузов: 2015г.



## СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА

**Панов Д.В.**

**Научный руководитель: канд. тех. наук, доцент Камбалина И.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье приведен анализ влияния модифицирующих добавок для асфальтобетонной смеси. Самой эффективной добавкой является модификатор «Унирем». Данная добавка увеличивает долговечность асфальтобетона, его прочность, устойчивость к колее и трещинообразованию, водостойкость, морозостойкость.

Ключевые слова: асфальтобетон, модификаторы, унирем, эффективность, долговечность.

Для повышения долговечности дорожного покрытия, выполненного из асфальтобетона, необходимо улучшить эффективность работы вяжущего, в частности битума. Поэтому используют добавки, цель которых - улучшение качества дорожного полотна. Часто используют в дорожном строительстве такие добавки как, комплексные модификаторы на основе шинной резины (Унирем, КМА), стабилизирующие на основе целлюлозного и других волокон (Виатоп, Торсел, Хризотоп, ДЦГ), поверхностно активные (Амдор, Дорос, ПБ-3, WetFix), резинобитумные вяжущие (Битрек), полимернобитумные (ДСТ, Elvaloy, Solprene, Kraton). Использование добавок на практике показало, что самой эффективной добавкой является модификатор «Унирем». Добавка проста в использовании, повышает адгезию с минеральной частью асфальтобетона, прочность, стойкость к деформациям. «Унирем» - универсальный модификатор асфальтобетона, представляет собой сыпучий композиционный материал на основе активного порошка дискретно девулканизированной резины, получаемого методом высокотемпературного сдвигового измельчения из несортированных отработанных покрышек отечественного и импортного производства. [1]

Цель работы - изучить влияние добавки «Унирем» на свойства асфальтобетонного покрытия.

При введении модификатора в горячий битум происходит быстрый распад частиц модификатора на микроблоки. Взаимодействие модификатора с дорожным битум приводит к образованию структурированного на нано - уровне резинобитумного вяжущего, не проявляющего тенденции к расслаиванию и обладающего высокими адгезионными свойствами, а также высокой стойкостью к растрескиванию в широком интервале температур. Дорожные

покрытия с модификатором «Унирем», по данным натуральных испытаний, относятся к материалам повышенной долговечности и характеризуются высокой сдвигоустойчивостью, устойчивостью к колее - и трещинообразованию, повышенной водостойкостью, высокой ударной вязкостью при отрицательных температурах.[2]

Были проведены лабораторные исследования, в которых изучено влияние добавки «Унирем» на свойства мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа Б (с содержанием щебня до 50%), I марки (используемой для устройства верхних слоев дорожных покрытий магистральных улиц, развязок, мостов, ямочного ремонта).

На основании пределов требуемых гранулометрических составов (по ГОСТ 9128-2009) и по результатам просеивания применяемых минеральных материалов определяется ориентировочное процентное содержание каждого материала. В результате расчетов принято, что содержание щебня в смеси – 40 %, ЦПС-53 %, минерального порошка-7 %.

Таблица 1 – Показатели свойств асфальтобетона с добавкой «Унирем» и без нее

Наименование показателя	Требования ГОСТ 9128-2009	Фактические показатели (без добавки)	Фактические показатели (с добавкой «Унирем»)
Средняя плотность, т/м <sup>3</sup>	–	2,35	2,40
Пористость минеральной части по объему, %	≤19	18,3	18
Остаточная пористость, %	2,5-5,0	3,28	2,38
Водонасыщение, %	1,5-4,0	2,01	1,83
Предел прочности на сжатие при температуре, МПа			
	20 <sup>0</sup> С	4,25	5,35
	50 <sup>0</sup> С	1,46	2,58
0 <sup>0</sup> С	≤12,0	7,87	7,93
Водостойкость	≥0,85	0,94	1,0
Водостойкость при длительном водонасыщении	≥0,85	0,87	1,0

Для подбора оптимального количества вяжущего проводились лабораторные испытания. Процентное содержание битума в соответствии с рекомендациями ГОСТ 9128-2009 составляет от 5,0 до 6,5%. Исходя из этого, го-

товилось три асфальтобетонных смеси (температура смеси не ниже 160<sup>0</sup> С) с одинаковым минеральным составом и расчетным количеством битума (5;6;6,5%). Из этих составов изготавливались пробные образцы методом прессования под давлением 40МПа, высота образцов - 71,4 мм, диаметр - 60мм, которые испытывались на сжатие при температуре +20 и +50<sup>0</sup>С и на водонасыщение через 4 часа после формования. За оптимальное количество битума принялось, то его содержание, при котором были достигнуты наилучшие показатели асфальтобетона при испытании. В данном случае оптимальное содержание битума составило – 6% или при данном составе расход на 1 т смеси составит 56,63 кг.

Далее изучено влияние добавки «Унирем». Количество исследуемой добавки зависит от твердости битума, поэтому для битума БНД 90/130-ее расход составит 12 % (на 1 т смеси 6,07 кг).

Далее изготавливались две АБС с одинаковым минеральным составом (первая смесь без добавки «Унирем», вторая с добавкой). После испытания установлено, что образцы из смеси с добавкой «Унирем» показали повышенное качество по таким параметрам как прочность на сжатие, водонасыщение, водостойкость, водостойкость при длительном насыщении (таблица 1).

Итак, можно сказать, что наиболее эффективно применять дорожное покрытие с модификатором «Унирем», с его помощью значительно увеличивается долговечность асфальтобетона, прочность, устойчивость к колеям и трещинообразованию, водостойкость, морозостойкость.

#### Библиографический список

1. Новые технологии переработки пластмасс. [Электронный ресурс]. - Режим доступа [http://www.polymer.ru/letter.php?n\\_id=4836&cat\\_id=3](http://www.polymer.ru/letter.php?n_id=4836&cat_id=3).
2. Модификатор дорожного покрытия «Унирем» [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.rusnano.com/about/press-centre/news/20170822-rosnano-modifikator-dorozhnogo-pokrytiya-unirem-rekomendovan-rosavtodrom-k-primeneniyu-pri-stroitelstve-federalnykh-trass>.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА УДАЛЕНИЯ ОСАДКА ИЗ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ**

**Усенко В.И.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Благоразумова А.М.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Ключевые слова: вторичные отстойники, илосос, активный ил, очистные сооружения, оптимизация.

Удаление ила из вторичных отстойников - процесс, предназначенный для разделения иловых смесей после сооружений биологической очистки. Осевший активный ил (из аэротенков) или биопленка (из биофильтров) представляет собой довольно подвижную суспензию и поэтому удаляется из отстойников преимущественно гидравлическими методами: из осадочной части вторичных вертикальных отстойников — с помощью самотечных иловых труб или эрлифтами; из радиальных и горизонтальных отстойников — илососами.

Вертикальные вторичные отстойники по своей конструкции подразделяются на следующие: круглые в плане с конической иловой частью, по конструкции аналогичные первичным, но с меньшей высотой зоны отстаивания; – квадратные в плане (12×12 м, 14×14 м) с четырехбункерной пирамидальной иловой частью.

Преимуществом вертикальных вторичных отстойников являются удобство удаления из них осевшего ила под гидростатическим давлением, компактность расположения при их блокировке с аэротенками, простота конструкции ввиду отсутствия движущихся частей, возможность использования взвешенного слоя активного ила.

Однако они имеют и ряд недостатков, из которых основным является большая глубина, что повышает стоимость их строительства, особенно при высоком уровне стояния грунтовых вод. Недостаточный уклон стенок бункера приводит к залеживанию осевшего активного ила и развитию в нем анаэробных процессов.

Горизонтальные вторичные отстойники выполняются с шириной отделения 6 и 9 м, что позволяет блокировать их с типовыми аэротенками, сокращая при этом площадь, занимаемую очистными сооружениями. Для сгребания осевшего активного ила к иловому приямку в горизонтальных отстойниках используют скребковые механизмы цепного или тележечного типов. В зарубежной практике используют подвижные илососы, установленные на тележках.

К недостаткам вторичных горизонтальных отстойников относятся сложности эксплуатации в них скребковых механизмов, а также большая их материалоемкость по сравнению с отстойными сооружениями круглыми в плане, где меньшая толщина применяемых стеновых панелей достигается за счет предварительного напряжения железобетонных конструкций.

На средних и крупных очистных станциях наибольшее распространение получили вторичные радиальные отстойники. ГУП МосводоканалНИИ-проект разработал типовые вторичные радиальные отстойники из сборного железобетона ( $d = 18, 24, 30, 40$  и  $50$  м). Широкая гамма типоразмеров радиальных отстойников позволяет принимать оптимальное их число (4-8) на очистных станциях практически любой пропускной способности. Так как радиальные отстойники самые оптимальные в применении на станциях очистки, далее пойдет речь об интенсификации вторичных отстойников.

Интенсификация работы вторичных отстойников играет одну из важных ролей при очистке сточных вод, так как не своевременное удаление осадка влияет на качество биологически очищенной воды, осадок загнивает и всплывает шапками, он повторно загрязняет воду и уменьшает количество возвратного активного ила.

В настоящее время наибольшее применение получили способы удаления сосунами в виде трапеции и в виде усеченного конуса. Данные типы илососов устарели и не захватывают часть активного ила в углах по периферии. Разработана новая конструкция илососов для вторичных радиальных отстойников СО-54 показанные на рисунке 1, диаметр отстойников – 54м, глубина 6м.

Илосос содержит ферму 1, центральную опору 2, механизм сосунов 3, круговой путь 4 и систему приводов 5. Ферма 1 является несущей конструкцией илососа, на которой закреплен сосунный механизм. Она выполнена в виде моста 6, представляющего собой равнобедренный треугольник. Боковые стороны 7 треугольника и его основание 8 жестко связаны друг с другом и дополнительно соединены стяжками 9. Вершина 10 треугольника закреплена на центральной опоре 2. На основании треугольника расположена тележка, на концах которой размещены два электропривода 5. Центральная опора 2 снабжена роликовым подшипником 11 и установлена на центральной опоре 12. Круговой путь 4 выполнен в виде кольца 13.

Механизм 3 состоит из двух рядов придонных сосунов 14, двух отводных лотков 15 и системы донных скребков 22, расположенных под фермой 1. Механизм удаления активного ила 3 выполнен в виде двух отводных лотков 15, размещенных непосредственно под фермой 1 и вращающихся вместе с ней. Каждый лоток имеет ряд донных сосунов 14 для забора ила. Система сосунов 14 оборудована донными скребками 22.

Активный ил из отводных лотков 15 через наружный подвижный стакан 16, вращающийся вместе с фермой 1, перетекает через плоскость неподвижного стакана 17 и удаляется через отводящий трубопровод, располо-

женный в центральной опоре. Система приводов 5 содержит два электродвигателя 18, два редуктора 19, два приводных катка 20 и два опорных катка 21.

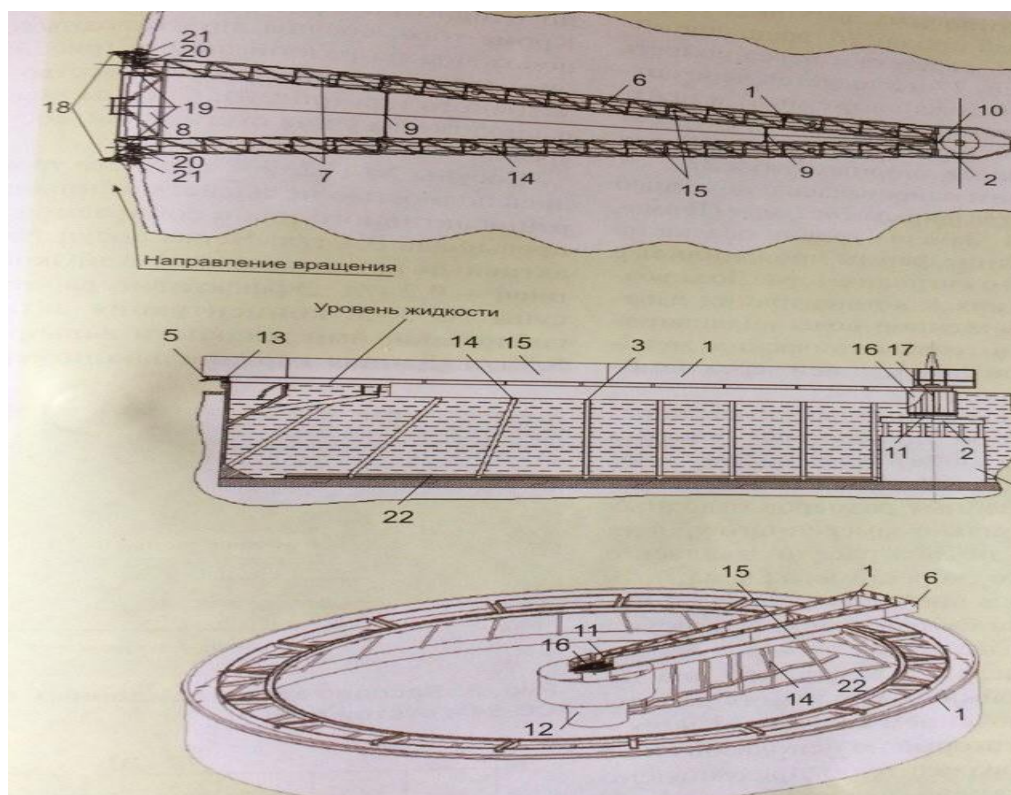


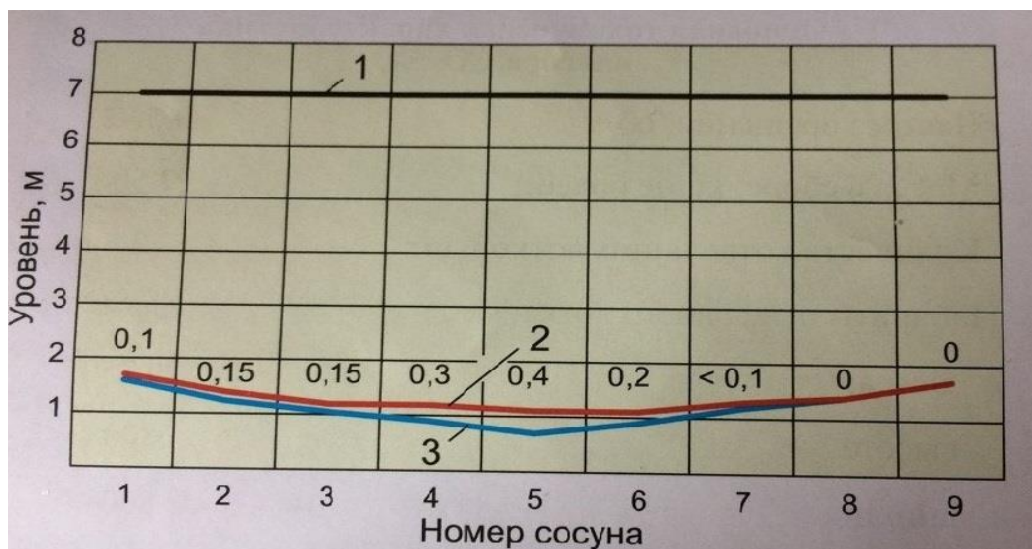
Рисунок 1- Устройство илососа СО-54

Илососы СО-54 внедрены на Курьяновской станции аэрации города Москва.

Работы по испытанию илососов проводились при гидравлической нагрузке на сооружения биологической очистки сточных вод 770-800 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Распределение активного ила по дну вторичного отстойника в условиях работы всех сосунов за исключением 9 обоих отводных лотков, не использовались по рекомендации производителя, схема приведена на рисунке 2.

На основе полученных данных было выяснено, что регулировать сбор активного ила перекрытием отдельных сосунов нецелесообразно (перекрытие четырех из девяти сосунов не дает изменения расхода отводимого активного ила). Регулировать количество отводимого активного ила следует путем изменения положения подвижных перегородок на отводных лотках. Следующий этап исследований состоял в анализе работы вторичного отстойника, оснащенного илососом СО-54, в условиях когда донные сосуны верхнего уровня не используются в зависимости от часовой нагрузки. Цель – увеличение концентрации возвратного активного ила в 2 раза.



1- уровень воды в отстойнике, 2- уровень активного ила, 3- дно  
Рисунок 2- Схема работы сосунов

Результаты проведенных исследований показали, что концентрация возвратного активного ила может быть значительно увеличена если не использовать донные сосуны верхнего уровня. При этом качество очищенной воды по взвешенным веществам существенным образом не изменяется. Следующим шагом был перевод работы всех восьми вторичных отстойников, без использования донных сосунов верхнего уровня. В следствии данного решения было установлено, что концентрация возвратного активного ила была увеличена в среднем с 4,2 до 7,1 г/л. Такое повышение дозы возвратного а.и. привело к уменьшению объема возвратного ила и позволило отключить один из насосов для перекачки возвратного ила в камеру и канал аэротенков. (Отключение одного из насосов позволяет экономить электроэнергию и увеличить ресурс работы насосов.

#### Библиографический список

1. Механическая очистка городских сточных вод: Метод. указ. / Сост.: к.т.н., доц. А.М. Благоразумова: ГОУ ВПО «СибГИУ». – Новокузнецк, 2003. - 29 с.с.
2. СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» - М.: Стройиздат, 1986.
3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: АСВ., 2004-704 с.

## ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Филатова В.С.

**Научный руководитель: канд. арх., доц. Благиных Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: viktoria.s.fi@gmail.com*

В статье рассмотрены понятия о городской среде и экологизации; изучена и определена концепция экогорода, дано его определение, возникновение и функциональные особенности, составлен перечень мероприятий, проводимых по улучшению экологии в городах. Изучен и проанализирован зарубежный и отечественный опыт развития экологизации.

Ключевые слова: экологизация, городская среда, концепция экогорода, устойчивое развитие.

Современное общество столкнулось с проблемой экологии. Чем стремительней развивается научно-технический прогресс, тем хуже становится экологическая обстановка. Это заставило человечество искать пути решения данной проблемы во всех сферах жизни людей.

Сохранение экологического равновесия на планете требует от всех стран политической воли и больших усилий. Проявление таких усилий должно начинаться с качественно нового отношения между природой и обществом.

Экологическая архитектура не просто новомодная тенденция и дань времени, это новый образ жизни и мышления, прямо противоположный урбанистическому направлению. С каждым годом «зеленая», или экологическая архитектура становится всё популярнее. Архитекторы и дизайнеры реализуют самые невероятные проекты, позволяющие следовать принципам экологичности.

Чтобы разобраться в проблеме экологизации городской среды, нужно решить ряд задач.

*Задача №1.* Изучить и дать определение понятиям: городская среда, экологичный город, экологизация.

Термин «*городская среда*» употребляется в разных значениях. Рассмотрим определение, которое ориентировано на человека: городская среда – это совокупность условий жизнедеятельности жителей города [2]. Она создается благодаря действию многих факторов и сама является многокомпонентной, оказывая большое влияние на главное социальное достояние человека – его здоровье. Осознание этого обстоятельства в XX веке заставило человечество пройти важный путь от констатации до создания концепции устойчивого развития и попыток претворения экологических принципов в



систему законотворческих актов международного, регионального и национального уровней [6].

В последнее время экологический фактор стал все больше нормировать экономическое развитие. Приходит осознание того, что экономика должна жить не только по экономическим законам, но и учитывать экологические условия. Появился новый термин *эко экономика* – хозяйственная деятельность общества, а также совокупность отношений, складывающихся в системе производства, распределения, обмена и потребления [7].

Со слов Ваганова Е.А.: «Экологизация – термин, который относится, в первую очередь, к мировоззрению и сознанию». Мероприятия, проводимые по экологизации, должны иметь направленность на умы и сознание людей. Чтобы человечество осознало все риски, которые могут ожидать наше общество в ближайшем будущем, осознало, что «свой дом» нужно держать в чистоте [9].

Под *экологизацией градостроительства* подразумевают качественные структурные изменения элементов городской среды. Будущее человечества во многом определяется тем, сможет ли оно преобразовать города так, чтобы они стали центрами устойчивого развития и частью экосистемы Земли. Ведь даже новые города XX века, блестяще задуманные и реализованные в свое время как «идеальный город», например, Бразилиа, быстро наверстали печальный опыт своих более старых городов и не уступают им в наращивании негативных качеств урбанизированной среды [2].

Опыт многолетних преобразований в городах, известных к настоящему времени высокой экологичностью условий проживания, свидетельствует о сложности и многообразии форм и методов экологизации городской среды. Отметим некоторые из них, поясняющие, что *экологизация* – это:

- последовательное внедрение идей сохранения природы и устойчивой окружающей среды в мировоззрение людей, в сферы управления, законодательства, разработки технологий, экономики, образования и пр.;

- процесс последовательного внедрения систем технологических, управленческих и других решений, позволяющих повышать эффективность использования естественных ресурсов и условий наряду с улучшением или сохранением качеств природной среды на локальном, региональном и глобальном уровнях [12];

- распространение и пропаганда взглядов, связанных с сохранением живой среды.

Исходя из данных определений, экологизация встречается во многих сферах жизнедеятельности человека. Например, *экологизация застроенной среды* – это иерархическая система знаний, мероприятий и решений по сохранению среды жизни и экологически обоснованного объема естественной природы, поддержанию экологического равновесия, экономии ресурсов и использованию возобновимых ресурсов [3].

Реальным направлением экологизации должно быть экологическое совершенствование и преобразование уже существующей среды – это, в свою

очередь, экологическая реконструкция существующих городов и экологическая реставрация нарушенных ландшафтов.

Большая часть современных мест расселения, индустриальных, энергетических и транспортных объектов, других зданий и инженерных сооружений, не является экологичной в полной мере, и часто не соответствует даже минимальным требованиям экологичности, а потому не сохраняет и не поддерживает высококачественную, экологическую, красивую среду жизни.

Чтобы города превратить в города со здоровой, красивой, экологичной средой, необходимо их экологическое совершенствование: экологизация деятельности, экологическая реконструкция всех зданий и инженерных сооружений, реставрация загрязненных и разрушенных ландшафтов, их мелиорация [10].

Изучив более 50 зарубежных и отечественных источников, были выявлены и сгруппированы критерии *экологичного города* (Таблица 1).

Экологичность в современном мире является основным средством оценки состояния окружающей среды, формирования отчетности и ведения природоохранной политики в городе. Критерии оценки, основывающиеся на объективных данных, могут отражать основные тенденции, способствовать описанию причин и последствий сложившейся экологической ситуации.

Таблица 1. Критерии экологичного города

Социум	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Обеспечивает жителей продовольствием и энергией путем развития эко-хозяйства и использования современных технологий, не приносящих вред окружающей среде и человеку;</li> <li>- Экологизация всей деятельности людей в городе, развитие системы экологического образования, воспитания и вовлечения всех жителей в процесс экологизации их жизни и деятельности, повышение качества жизни в целом.</li> </ul>
Экология	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Экологически чистый город (высокое качество воздуха, питьевой воды, сточных вод);</li> <li>- Обеспечение переработки отходов бытового, общественного и промышленного мусора;</li> <li>- Использование экологически чистого топлива для транспорта;</li> <li>- Экономичное и рациональное использование природных ресурсов.</li> </ul>
Градостроительство и архитектура	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Строительство безотходное, из вторсырья, экологически чистого сырья с использованием современных технологий;</li> <li>- Увеличение доли зеленых насаждений, наличие в городах общественных парков и зелени;</li> <li>- Города запроектированы с учетом удобства и доступности, в том числе для маломобильных групп населения, опираясь на нормативные документы.</li> </ul>

Экологические критерии позволяют не только следить и оценивать ход осуществления экологической политики, но помогают ее совершенствовать, корректировать политику в таких важных для окружающей среды секторах, как, например, энергетика и транспорт. Все это представляется весьма важным при территориальном планировании городов и создании комфортных условий проживания населения.

*Задача №2.* Изучить и проанализировать концепцию экополиса.

В начале 80-х годов XX века группа специалистов по экологии и биологии, в которую входили Д. Н. Кавтардзе, А. А. Брудный, В. Г. Агавелов и др., предложила программу, именуемую - Экополис.

По мнению этих исследователей, экополис – это город и его ближайшие пригороды, где люди и вся живая природа взаимно поддерживают друг друга, это поселение нового типа, оно развивается, расширяется и сопряжено с ходом природных процессов. Также это малый город будущего, в котором экологические параметры поставлены в управляемые условия, а жители готовы к постоянным переменам как в своём образе жизни, так и в природе. В Экополисе идёт постоянный эксперимент по взаимному приспособлению природы и человека [11].

Создание такого города – постоянный процесс, в котором участвуют все жители города, не зависимо от возрастной категории, социального статуса и пр. Без совместного участия в устройстве благоприятной в экологическом и социально-психологическом отношении городской среды город не сможет прожить и дня. Основа данной программы – это вовлечение в совместную деятельность горожан, администрации и учёных в исследованиях, принятии решений и их практической реализации. Данная программа, скорее носит природоохранный и социально-культурный характер, что также является важными аспектами экологизации. Не менее важны архитектурные и градостроительные составляющие процесса, которые в этой программе были слабо отражены.

Таким образом, обеспечение здорового образа жизни и высокого качества жизни населения в городе, в регионе, в стране и на планете, является важной составляющей экополиса.

*Задача №3.* Проанализировать зарубежный и отечественный опыт развития экологизации. Выявить мероприятия по улучшению экологии в городах.

Современная практика создания экогорода развивается с начала 60-х годов XX столетия. В основном их распространение идет в странах Европы, Северной Америки, Австралии. Но наиболее активными в области экологического строительства являются европейские страны, такие как Швеция, Дания. Так же в этом процессе участвуют Германия, Бельгия и Норвегия.

В настоящее время в Европейском союзе существует шесть экогородов: Мальмо (Швеция), Дублин (Ирландия), Таллин (Эстония), Хиллерод (Дания), Гамбург (Германия) и Аугустенборг (Дания).

В Швеции вопросы экологизации образа жизни решаются на государственном уровне. В 1993 году правительство утвердило «Закон об экоциклах», определивший начало новой фазы по охране окружающей среды, введению «безотходного образа жизни». По представлению шведских специалистов эгород – это организованная на современном техническом оснащении система с локальной переработкой мусора, канализацией, безотходной технологией для тепло- и водоснабжения, энергоснабжения, использования солнечной энергии.

В Скандинавских странах распространено планирование безотходных городов, построенных по аналогии с безотходным производством. Здесь производство и быт планируются как единый безотходный комплекс. Движение было начато с небольших городов, затем распространилось на крупные города и в настоящее время приняло характер всемирного движения, известного как экогорода, поддерживаемые ООН.

В практике советского и российского градостроительства довольно много внимания уделялось озеленению городов, таким образом, решались проблемы экологизации городов. Были реализованы концепция «зелёных клиньев» на территории города, «водно-зелёный диаметр» города Минска, планировочный подход «город в лесу» в Сибири, среди них Новосибирский Академгородок, Усть-Илимск, Ангарск, Дивногорск и другие города. В целом, вопрос экологизации сводится к проблеме комплексного озеленения городской территории и устранения вредных выбросов от промышленных предприятий.

В современном мире прогресс не стоит на месте, благодаря чему можно проводить ряд мероприятий по улучшению экологической обстановки в городах.

Изучив зарубежный и отечественный опыт экологизации города, были выявлены следующие мероприятия:

- политика субсидирования научных исследований, осуществление финансирования, организационная и правовая поддержка лиц и организаций, участвующих в строительстве и реконструкции экогородов;

- социализация среды проживания;

- необходимость проведения очистки как вредных выбросов в атмосферу, так и сбросов вместе со сточными водами;

- устранение самих причин ухудшения экологической обстановки в городах, что включает в себя внедрение в оборот как малоотходных, так и безотходных технологий. Это касается всех сфер деятельности человека (бытовой, производственный, строительный мусор, мусор от общественных предприятий);

- внедрение новых, альтернативных видов топлива, энергетики и энергосберегающих технологий (энергосбережение, солнечная энергетика, автономные системы жизнеобеспечения);

- преобразование инфраструктуры городов. Что включает в себя: расширение дорог, устройство их в нескольких уровнях, увеличение зеленых насаж-

дений вдоль магистралей, строительство шумозащитных экранов, экономию и повторное использование не возобновляемых ресурсов, в особенности воды;

- совершенствование транспортной структуры в части развития сети дорог, повышения их безопасности, экологичности и комфортности, переход автовладельцев на гибридный транспорт и электрокары;

- социально-политические меры – децентрализация сервисно-торговых систем, которые держатся на малых предприятиях, в процессе развивая малый бизнес и создавая рабочие места для незанятого населения города;

- переход к урбореконструкции районов с устаревшей застройкой, промышленной территорией путем преобразования их в современные, экологически чистые, комфортабельные жилые и общественные пространства;

- сохранение и преумножение озелененных территорий города, связанных с экосистемами пригородных территорий, применение нерегулярной планировки, позволяющей сохранять природные объекты;

- обеспечение своих потребностей в энергетике за счёт возобновляемых источников, интенсивное сельское хозяйство и садоводство;

- применения новых строительных технологий, экологически чистые строительные материалы с учётом их дальнейшего рециклинга.

Перечисленные мероприятия по экологизации города являются универсальными и могут быть применены практически к любому городу, независимо от их географического и политического расположения.

#### Библиографический список

1. Тетиор А. Н. Экология застроенной среды. - М.: «Академия», 2015.
2. Тетиор А. Н. Экология городской среды. - М.: «Академия», 2013.
3. Кулешова, Г.И. Экологизация градостроительства. Теоретические предпосылки, идеи и практика / Г.И. Кулешова, К.И. Сергеев // Обзорная информация: Сер. «Архитектура. Градостроительство. Жилищно-гражданское строительство». – М.: ОАО «ВНИИН-ТПИ», 2010. – Вып. 3.
4. Бринчук М.М. Теоретические проблемы экологизации законодательства: развитие идей О.С. Колбасова о концепции экологического права//Экологическое право. — 2007. — №6.
5. Лестер Р. Браун. Экоэкономика. Как создать экономику, оберегающую планету. - Весь мир, 2003.
6. Косицкий Я. В. Систематика градостроительных концепций: Автореф. дис. д-ра архитектуры. – М.: МАРХИ, 1979. – 45 с.
7. Доклад Конференции ООН по населённым пунктам (Хабитат II) / ООН. – Нью-Йорк, 1997. –140 с.
8. Хайт В. Л. Архитектор и устойчивое развитие // Пром. и гражд. стро. – 1997. – № 3. – С. 56.
9. Градостроительный кодекс РФ.
10. Тетиор А. Н. Экология городской среды. - М.: «Академия», 2013.
11. Григорьев В.А., Огородников И.А. Проблемы экологизации го-

родов в мире, России, Сибири = Problems of cities' ecologization in the world, Russia and Siberia: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. - Новосибирск, 2001.

УДК 711.4 (571.17)

## **ЭВОЛЮЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ НОВОКУЗНЕЦКА**

**Филатова В.С.**

**Научный руководитель: канд. арх., доцент Благиных Е.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет  
г. Новокузнецк, e-mail: viktoria.s.fi@gmail.com*

Рассмотрено историческое развитие пространственной структуры города Новокузнецка, представлена хронология его территориального образования, выявлены этапы становления генерального плана в исследуемые периоды.

Ключевые слова: градостроительное развитие, планировочная структура, генеральный план, облик города.

*Цель исследования:* выявить особенности эволюционного формирования и развития планировочной структуры города Новокузнецка.

*Задачи исследования:*

- изучить специфику региона и города;
- определить основные проблемы формирования и развития планировочной структуры территории города Новокузнецка;
- систематизировать собранный материал по теме исследования, проанализировать градостроительные особенности города Новокузнецка.

*Объект исследования:* генеральный план города Новокузнецка.

*Предмет исследования:* особенности, методы, приемы и принципы формирования и развития планировочной структуры города.

*Методика исследования* основывается на изучении архивных, картографических материалов, а также отечественных и зарубежных литературных, научных и проектных работах, с использованием метода сравнительного анализа планировки исследуемого региона по периодам развития.

Хронологические рамки исследования включают временной промежуток с XX по начало XXI века.

*Актуальность выбранной тематики заключается:*

- в исследовании архитектурно-планировочных элементов городской среды, как важных факторов формирования образа города в архитектурном, художественном, историческом аспекте.

*Новизна исследования* заключается в комплексной систематизации планировочных элементов городской среды, всестороннем анализе градостроительных особенностей, тенденций их дальнейшего развития на приме-

ре города Новокузнецка.

*Прикладное значение* исследования заключается в научном осмыслении процессов и результатов развития городской среды.

Кузбасс - один из наиболее значимых в экономическом отношении регионов России. Ведущая роль здесь принадлежит промышленному комплексу по добыче и переработке угля, железных руд и разнообразного нерудного сырья для металлургии и стройиндустрии.

Металлургия представлена цветной (Новокузнецкий алюминиевый завод), и чёрной (Западно-Сибирский металлургический комбинат, завод «Кузнецкие ферросплавы» в Новокузнецке, Анжеро-Судженский филиал ОАО «Кузнецкие ферросплавы», Гурьевский металлургический завод, также относится кемеровский ОАО «КОКС», машиностроение в Юрге, Анжеро-Судженский рудник); ресурсная база Российского межотраслевого холдинга СИБПЛАЗ Темиртауское месторождение, Шерегешское месторождение, Казское месторождение, Таштагольское месторождение.

Новокузнецк – первый по площади в Кузбассе и второй по населению, а также старейший город Кемеровской области. Важный экономический, транспортный и культурный центр Сибири. Является одним из крупнейших металлургических и угледобывающих центров России.

Начало активного изучения природных богатств Кузнецкой земли было положено Указом российского Императора Петра I о направлении в Сибирь академической экспедиции под руководством исследователя природы, этнографии и истории, доктора медицины Даниила Готлиба Мессершмидта. В 1721 году экспедиция достигла территории города Кузнецка, где ею была собрана богатая коллекция минералов и горных пород. [1]

В последующие годы по инициативе и на средства заводчиков российскими рудознателями проводились дальнейшие исследования недр Юго-Западной Сибири. Результатом этих изысканий стало открытие месторождений железной руды, цветных металлов и каменного угля, на которых были построены первые горнорудные и металлургические производства в Сибири [4].

И уже в конце 1920-х годов было принято решение о возведении мощной угольно-металлургической базы, работающей на железных рудах Урала и коксующихся углях Сибири. Осенью 1927 года начался набор рабочих, которым предстояло масштабное строительство крупнейшего металлургического завода.

Впоследствии было принято решение по строительству и самого рабочего поселка. Что повлекло за собой множество проектов генерального плана города. Проекты генерального плана города разрабатывались с целью придания городу планировочных качеств, необходимых в создании оптимальных и комфортных условий для жизни людей. Началом исторического развития планировочной структуры Новокузнецка был выбор Горбуновской площадки – территории, включающей на тот момент деревни Горбуново, Бессоново, Араличево [3] – которую утвердили в июне 1926 года, с размещением

и строительством Кузнецкого металлургического завода с жилым поселением (рис. 1). Горбуновская площадка, по решению комиссии, была обозначена благоприятной и достаточной для размещения территории завода и жилого посёлка при нём. Площадка имела удобное расположение рядом с уже существующей железной дорогой и рекой Томь.

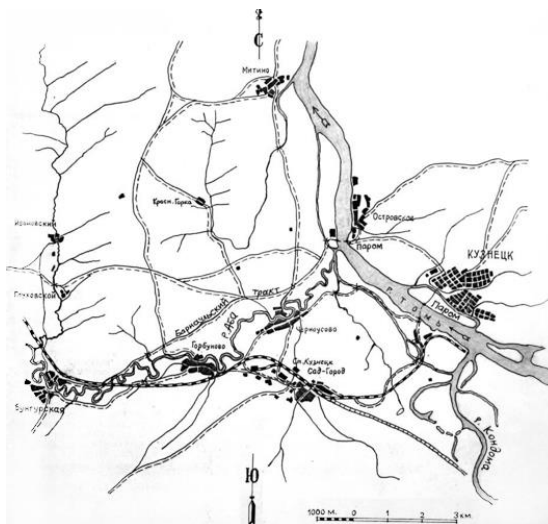


Рисунок 1 – Схема плана местности будущей Горбуновской площадки. 1926 г.

На генеральном плане металлургического завода и жилого посёлка по проекту Гипромеза (1927 - 1928 гг.) были представлены основные планировочные элементы, такие, как площадь перед заводом, река Аба, Барнаульский тракт и шоссе в сторону железнодорожной станции Кузнецк. В структуре жилой зоны просматривается чередование многоэтажной и малоэтажной застройки территории с добавлением отдельных общественных зданий. [1] (рисунок 2)



Рисунок 2 – Генеральный план территории металлургического завода и жилого посёлка. Проект Гипромеза. 1927 - 1928 гг.



2 декабря 1928 года было принято постановление Президиума ВСНХ СССР о строительстве Кузнецкого металлургического завода, после чего к концу января 1929 года назначили руководителя строительства, которое началось под руководством академика инженера-металлурга И. П. Бардина и продолжалось вплоть до 1931 года.

Вместе с возведением завода рождался и город. Изначально появление самого города рассматривалось как нужное, но при этом вынужденное и, в какой-то степени, досадное приложение к первому в советской Сибири металлургическому заводу. По проекту Гипромеза город первоначально разрабатывался как небольшой рабочий посёлок коттеджного типа вместимостью на 25 тысяч человек, включавший центральную площадь перед заводоуправлением, где сходились радиальные улицы городка. Весь проект был организован с направленностью на современный проспект Курако как главную магистраль всего посёлка, предполагалось застроить весь город небольшими одно- и двухэтажными домами с обширными придомовыми участками.

При этом строительство завода и первых жилых посёлков при нем уже велось без всесторонне обоснованного и продуманного проекта территориального образования города, что было непрофессионально и недальновидно, и отразилось в будущем градостроительном развитии города.

Жилые посёлки разместили вблизи завода, не учитывая вредного воздействия от выбросов вредных веществ. Все делалось в спешке, строительство жилых домов для специалистов не отвечало местным климатическим условиям, и для будущей жилой зоны города была выбрана заболоченная и плохо проветриваемая пойма реки Томи.

Различными проектными группами разрабатывались проекты комфортной среды для проживания. Так в 1929 году начались разработки проекта Соцгорода для Кузнецкстроя главным архитектором Франкфурта-на-Майне Эрнстом Маем. На заседании специальной комиссии, проходившей 13 марта 1931 года, из нескольких представленных проектов был выбран именно проект, разработанный проектной группой Э. Мая. Позднее Советом Народных Комиссаров было принято решение об утверждении места размещения и проекта планировки будущего города Новокузнецка.

План застройки Соцгорода по проекту Эрнста Мая (1930 год) представлял собой городскую территорию, разделенную железной дорогой на две площадки (северную и южную). Северная площадка расположена на правом берегу реки Абы и состоит из жилых кварталов с перпендикулярными жилыми улицами, кварталы большие по размерам и плотно застроены. Вся территориальная структура северной площадки состоит из двух композиционных частей зелёной рекреацией, разграничивающей район с востока на запад. В западной части рекреации близ реки Абы располагался общественный центр города, а в восточной – спортивный центр. На северо-востоке площадки размещался комплекс больницы. В генплане города было также

предложено размещение предприятия пищевой промышленности и аэродрома. Различие планировки южной площадки от северной заключается в более сложном рельефе местности. [1] (рисунок 3)

Идея соцгорода в целом стала развитием идеи социалистического рабочего поселка, основанной на концепции «города-сада» английского социолога Эдварда Говарда. Эта идея городов-садов притягивает внимания, потому что является привлекательным образцом для проектирования среды поселений, так как предлагает развитие зеленых рекреационных пространств, малоэтажной застройки и пр. При этом в соцгороде внимание сосредоточено лишь на внешних характеристиках среды, но совершенно не учтено социально-организационное содержание, на котором была основана идея города-сада [2].

Изучая хронологию почти векового развития планировочной структуры Новокузнецка, видим картину постепенного преобразования территории рабочего посёлка в город, который мы наблюдаем сейчас. Соцгород в современном Новокузнецке представлен проспектом Энтузиастов, улицами Хитарова, 25 лет Октября, началом улицы Кирова – это так называемый исторический центр города.

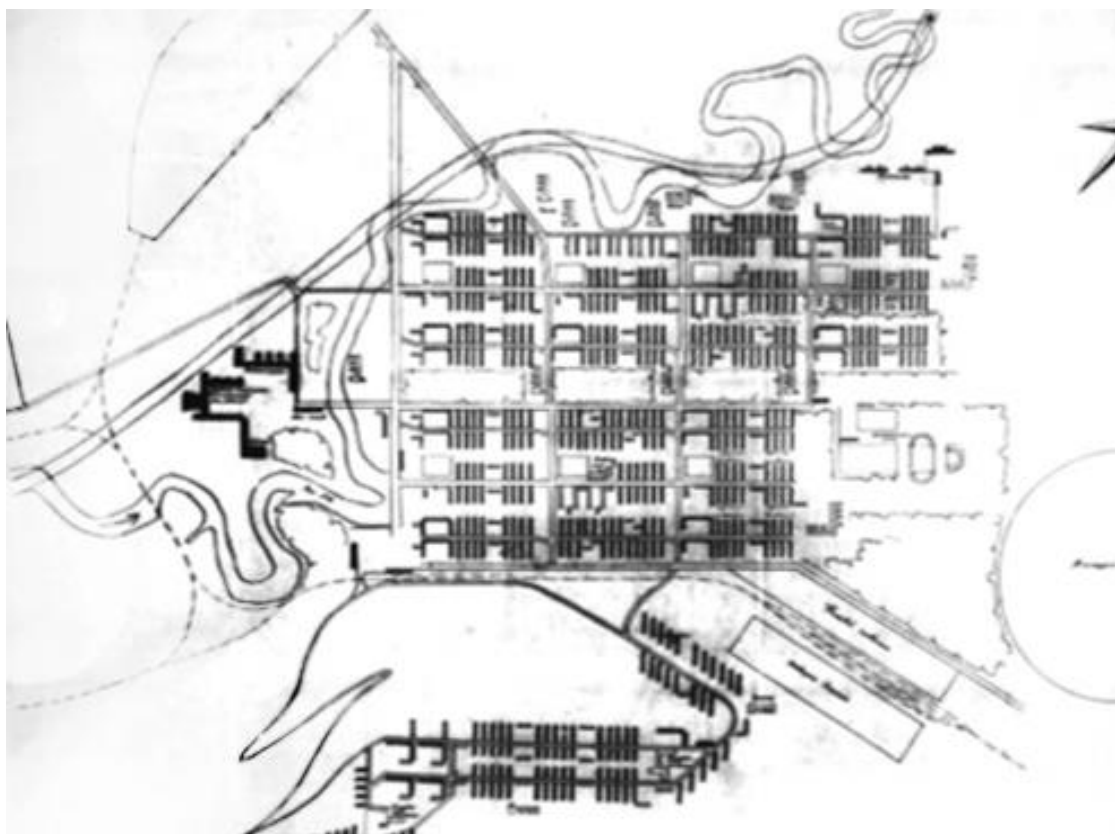


Рисунок 3 – План застройки Соцгорода по проекту Эрнста Мая. 1930 г

Что касается производственного потенциала Кузнецкого металлургического завода, то со временем он только возрастал, и это способствовало

быстрому развитию города Сталинска с преобразованием его в крупный промышленный, экономический и культурный центр страны, в один из крупнейших городов Сибири. Происходил быстрый прирост численности населения города, занятого не только в промышленном производстве, но и в строительстве, транспорте и сфере обслуживания.

Кроме того, в город стремилась значительная часть населения окрестных сельских поселений. За лучшей долей в Сталинск ехали учиться, работать и жить крестьяне, оторванные от деревень проводимой в 30-е годы XX века принудительной коллективизации сельскохозяйственных производств. Для дальнейшего развития городу нужен был полноценный проект генерального плана, учитывающий реальные темпы роста и определяющий перспективы его возможного развития.

Таблица 1- Хронология территориального образования города Новокузнецка

<i>Дата</i>	<i>Событие</i>
1929	Образование рабочего поселка Сад-город
1931	Рабочий посёлок Сад-город преобразован в город Новокузнецк
1932	Города Кузнецк и Новокузнецк объединены в один город – Новокузнецк
1932	Город Новокузнецк переименован в город Сталинск
1941	В городе образованы Кузнецкий, Куйбышевский, Орджоникидзевский и Молотовский районы
1957	Молотовский район переименован в Центральный район
1960	Центр Орджоникидзевского района перенесен в поселок у шахты Абашево, прежняя территория района включена в состав Центрального района
1961	Город Сталинск переименован в город Новокузнецк
1962	В городскую черту включен рабочий поселок Заводской
1963	Образован Заводской район
1963	В состав Орджоникидзевского района включен поселок Таёжный
1965	В состав Заводского района включен поселок Шахтерский
1966	В состав Куйбышевского района включен поселок Абагур
1968	В состав Заводского района включен населенный пункт Черная речка
1979	В состав Заводского района включен поселок Новоильинский
1992	Образование Центрального, Заводского, Куйбышевского, Кузнецкого и Орджоникидзевского и районов
1998	За счет части территории Заводского района образован Новоильинский район

Становление генерального плана Новокузнецка проходило на протяжении нескольких этапов:

1. Первый генеральный план был разработан в 1934-1945 гг.

Январь 1934 года – «Эскизный проект планировки города Сталинска». Автором проекта выступал архитектор И.С. Гуревич. Летом 1935 года – «Генеральный проект планировки города Сталинска», авторами этого доработанного проекта были архитекторы А.С. Смолицкий и Л.М. Букалова (Горстройпроект) (рисунок 4).

В эти годы территориальное развитие города шло ещё более стремительными темпами. В 1934-1945 гг. с размещением новых промышленных предприятий сформировалась схема расселения города по обеим берегам реки Томи, был создан первый общественный центр города Новокузнецка.

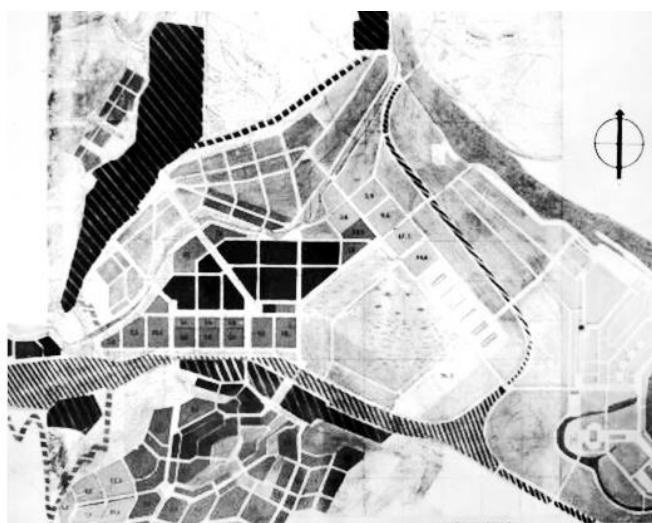


Рисунок 4 - Генеральный план города Сталинска (Горстройпроект), 1934–36 гг.

2. Второй генеральный план (1945 – 1971 гг.) был разработан проектным институтом Гипрогор. «Схематичный проект планировки города Сталинска» выполнили архитекторы В.А. Добролюбов и Г.М. Слепых.

В 1950-м году утвердили «Проект генерального плана города Сталинска», авторами которого уже выступали архитекторы Б.Е. Светличный и Г.М. Слепых.

В 1950 годы началось градостроительное формирование развитой функциональной и планировочной структуры города и пяти его районов: Куйбышевский, Южный, Старокузнецкий, Заводской, Байдаевский. Продолжалась застройка Центрального района по трех-лучевой схеме с главными магистралями – проспектами Бардина, Курако, Metallургов.

Именно второй генеральный план, выполненный с учётом всех территориальных особенностей города и перспектив его дальнейшего развития, стал определяющим современную планировочную структуру Новокузнецка.

3. Третий генеральный план города (1971–2010 гг.)

В 1979 году был утвержден «Проект генерального плана города Новокузнецка на период его реализации до 2000 года». Авторы проекта архитекторы Б.А. Жеребятьев, Г.Н. Туманик, Н.В. Руднева, Л.В. Вавакин, инженеры Э.А. Форрат, А.Ш. Резник и др. (рисунок 5)



Рисунок 5 - Проект генерального плана города Новокузнецка на период его реализации до 2000 года. Основной чертёж (чертёж планировки). 1979 г.

В эти годы начали застраиваться Новоильинский и Новобайдаевский районы. Общественный центр города и его функционально-планировочная структура продолжили свое развитие.

#### 4. Четвертый генеральный план города Новокузнецк (2010 – 2030 гг.)

В 2005 году коллективом архитекторов был разработан «Эскизный проект планировки и застройки микрорайона № 45 – 46 и ядра общественного центра города Новокузнецка». Авторами данного проекта выступили В.И. Магель, А.Н. Бричёв, А.Д. Зыков, А.А. Тарасов и С.А. Филимонова. (рисунок 6).

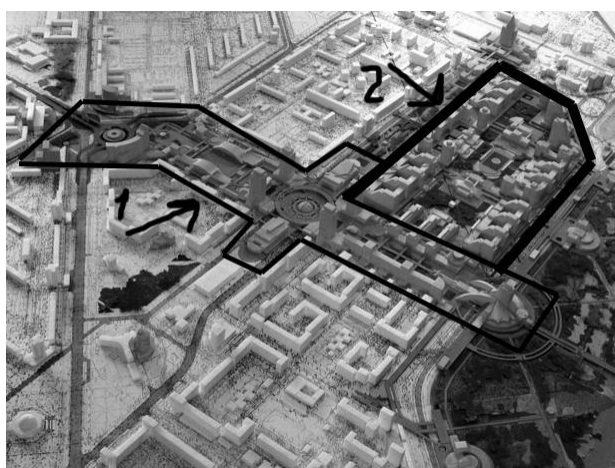
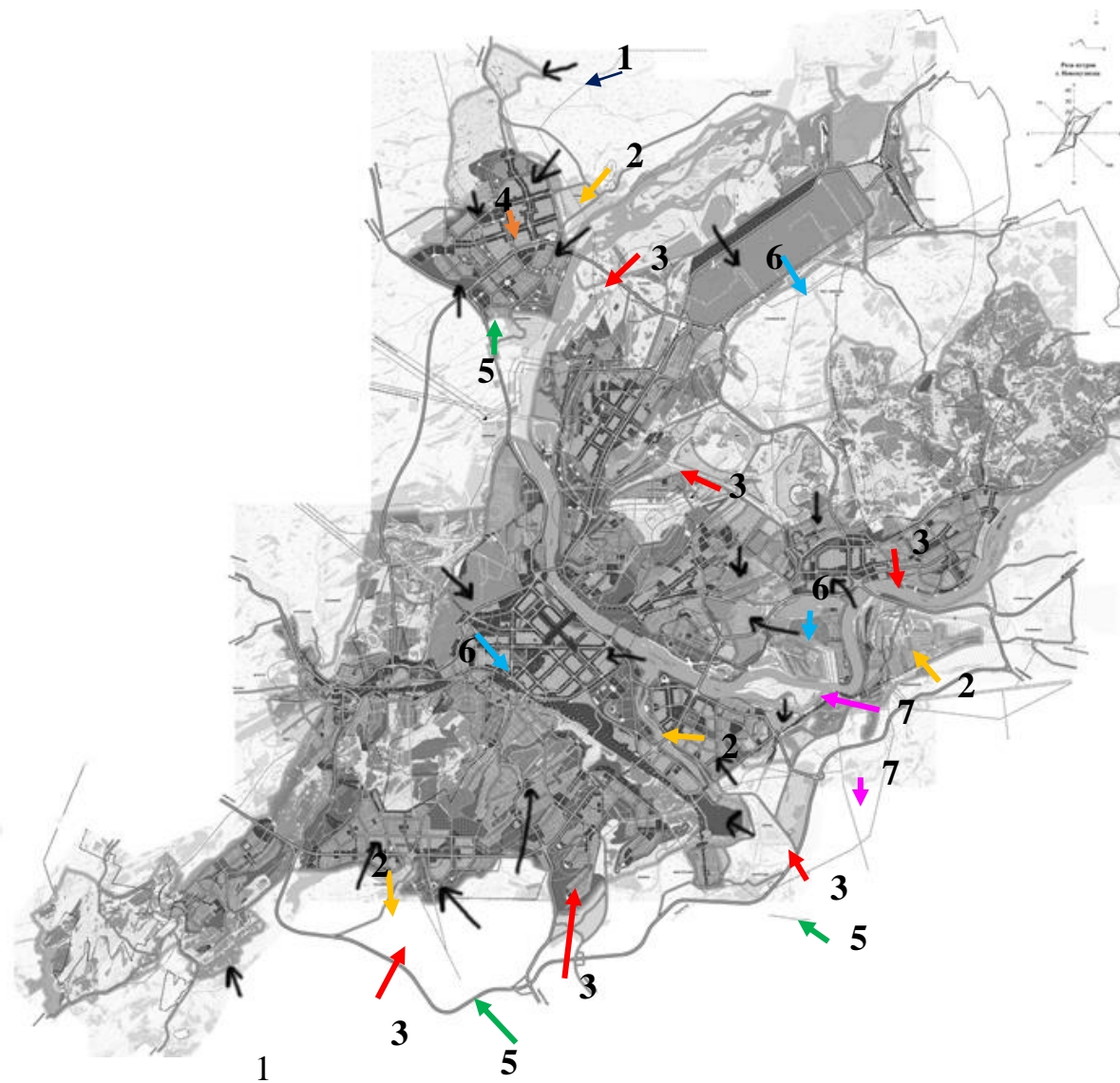


Рисунок 6 - Эскизный проект планировки и застройки микрорайона № 45 – 46 (2) и ядра общественного центра (1) г. Новокузнецка. Фото с макета. 2005 г.

16 июня 2010 года Новокузнецкий городской Совет народных депутатов рассмотрел и утвердил новый «Генеральный план городского округа г. Новокузнецк». Авторы архитектор О.Е. Казакевич и инженер А.Ю. Бельский. (рисунок 7).



1 - граница горда, 2 – многоквартирная застройка, 3 – малоэтажная, коттеджная застройка, 4 – общественная зона, 5 – зеленые насаждения общего пользования, 6 – промышленные предприятия, 7 – коммунально-складские предприятия.

Риунок 7 - Проект генерального плана городского округа г. Новокузнецк (современное состояние). 2010 год.

*Заключение.* В исследовании рассмотрено эволюционное развитие планировочной структуры города Новокузнецка, определены этапы его исторического формирования на протяжении двух столетий. Требования к комфортности города и перспективы его дальнейшей планировки со временем менялись, и в связи с этим возникала необходимость в градостроительной

реконструкции с внесением соответствующих изменений в ранее выполненные и утверждённые проекты генеральных планов.

На современный облик города повлияло стремительное развитие его архитектурно-планировочной структуры, быстрый прирост населения, увеличение потребностей жителей в культурном и общественном развитии. Городская среда постепенно становилась комфортней для проживания большого числа горожан.

В исследовании выявлена взаимосвязь и описаны трансформации функциональной, морфологической, социально-административной структур планировочных элементов городской среды, характерных для XX – начала XXI века. Выводы, полученные в исследовании, могут быть использованы в качестве базы для дальнейших научных разработок, интегрированы в методику исследований планировочных элементов городской среды, в отечественную практику экологического проектирования и реконструкции.

#### Библиографический список

1. Магель В.И. Новокузнецк. История создания генерального плана города: монография / В.И. Магель; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2017. – 386 с., ил.

2. Меерович М.Г. От идеи города-сада к концепции соцгорода.// Проект Россия. – 2005, №4(38). – С. 153-156.

3. Благиных Е.А. Архитектурно-градостроительная культура Кемеровской области (XVII – первая половина XXвв.): монография / Е.А. Благиных; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2007. – 220 с., ил.

4. Колобков М.Н. Кузнецкий бассейн (очерки природы и хозяйства) / М.Н. Колобков. – Кемерово: Кемеровское кн. изд-во, 1956. –190 с.

## VI. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

УДК [622.6 + 621.879]:622.271.4

### К ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РАЗРЕЗОВ

**Кравчик О.Н.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Новичихин А.В.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,*

*г. Новокузнецк, e-mail: kravchik-olga95@mail.ru*

Представлены методические особенности управления экскаваторно-автомобильными комплексами разрезов. Предложены показатели эффективности и двухуровневая модель экскаваторно-автомобильного комплекса.

Ключевые слова: экскаваторно-автомобильный комплекс, разрез, показатели эффективности, открытый цикл.

Эффективность работы экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) разрезов в современных условиях во многом зависит от решения следующих взаимообусловленных задач: повышение производительности ЭАК; снижение эксплуатационных затрат предприятия и простоев карьерной техники и горного оборудования.

Известны два способа организации работы карьерных ЭАК – это закрытый и открытый циклы эксплуатации горного оборудования и техники.

При закрытом цикле каждый автосамосвал в начале смены закрепляется за определенным экскаватором и пунктом выгрузки и далее работает с ними в течение всей смены. Самосвалы перезакрепляются только в случае изменения условий работы (например, при неисправностях экскаватора или других незапланированных ситуаций). Данная стратегия наименее эффективна, ввиду вероятностного характера транспортных процессов и простоев горного оборудования и техники; у отдельных экскаваторов периодически образуются очереди, в то время как другие экскаваторы могут простаивать из-за отсутствия самосвалов в пункте погрузки.

Наиболее эффективна данная система будет в том случае, когда все экскаваторы работают непрерывно, а самосвалы подаются к экскаваторам через равные (фиксированные) промежутки времени. Поэтому соотношение ковшей экскаватора к самосвалу должно быть оптимальным (3-7 ковшей) [1].

Однако обеспечить своевременную подачу самосвалов непросто из-за влияния неконтролируемых факторов (например, сложные траектории для маневров).

На данный момент многие разрезы, находящиеся в РФ, обеспечивают



работу своих ЭАК по закрытому циклу, и это приводит к сравнительно небольшим простоям горного оборудования и техники. Каждую смену выходит до 30 % простоев именно техники в ожидании погрузки [1]. Такая величина простоев вызвана внешними неконтролируемыми воздействиями на ЭАК при эксплуатации, при этом при эффективной организации работы данного комплекса их можно существенно сократить или повысить экономические показатели при перевозках угля и вскрышных пород.

Открытый цикл эксплуатации горного оборудования и техники способствует повышению эффективности работы ЭАК. Данный способ действует по следующему принципу: автосамосвал после разгрузки следует к свободному экскаватору, либо к наименее загруженному, основываясь на соотношении типоразмеров техники и горного оборудования. Этот способ обеспечивает снижение простоев погрузо-разгрузочного механизма на разрезе и увеличение производительности всего комплекса. Способ открытого цикла имеет следующие проблемы: во-первых, это сложность управления ЭАК, во-вторых, несоответствующие параметры экскаватора и самосвала, которые могут привести к простоям горного оборудования и техники, а далее снижению производительности ЭАК.

Также необходимо выделить модернизированный способ открытого цикла, при котором формируются «группы диспетчеризации», которые будут работать совместно. Каждой из групп назначается N-ое количество самосвалов, которые распределены между пунктами выгрузки открытого цикла. Непрерывное распределение карьерной техники между горным оборудованием является динамичным процессом, который требует постоянного мониторинга и контроля маршрутов, типоразмеров и местоположения автосамосвалов и экскаваторов.

Для оптимизации работы ЭАК разреза предлагаются следующие показатели эффективности:

1. Расход энергии ЭАК:

$$\lambda_{\text{ЭАК}} = (E_{\text{max}} + E_{\text{ном}} + E_{\text{min}}) \cdot C_{\text{ЭН}} + E_{\text{а}} \cdot C_{\text{а.т}}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{max}}$ ,  $E_{\text{ном}}$ ,  $E_{\text{min}}$  – расход электроэнергии с максимальной, номинальной и минимальной нагрузкой, кВт·ч;

$C_{\text{ЭН}}$  – цена электроэнергии, руб.;

$C_{\text{а.т}}$  – цена топлива, руб.;

$E_{\text{а}}$  – расход энергии самосвала, кВт·ч.

2. Себестоимость перевозки перевозкой:

$$C = \frac{\text{Э}}{V \cdot L_{\text{ср}}}, \quad (2)$$

где Э – эксплуатационные расходы, тыс. руб./год;

V – объем перевозок, тыс. тонн/год;

$L_{\text{ср}}$  – средняя дальность ездки, км.

### 3. Производительность экскаватора:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot G_{гр}}{T_{ц}}, \quad (3)$$

где  $G_{гр}$  – масса груза, перемещаемого за один рабочий цикл, т;

$T_{ц}$  – продолжительность рабочего цикла, сек.

Существует два основных подхода к диспетчеризации карьерного автотранспорта – одноуровневый и мультиуровневый [2].

На рисунке 1 представлена двухуровневая модель ЭАК разреза.



Рисунок 1 – Двухуровневая модель ЭАК разреза

На I уровне расположена модель функционирования ЭАК, которая определяет и обуславливает показатели оперативной работы. На II уровне находится модель диспетчеризации, которая производит оптимальное распределение самосвалов по экскаваторам с учетом нормативного соотношения типоразмеров самосвалов и экскаваторов.

Проводя анализ имеющихся математических моделей (например, [3]), можно утверждать, что они приводятся либо для наглядного представления процессов в ЭАК и их дальнейшего изучения либо для простой оценки эффективности предлагаемых методов, тогда как для диспетчеризации результаты имитационного моделирования необходимо использовать в дальнейшей работе ЭАК [4, 5].

Таким образом, представлены методические особенности управления ЭАК разрезов, которые обеспечат повышение эффективности их функцио-

нирования посредством предложенного инструментария.

#### Библиографический список

1. Шешко Е.Е. Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ: учебное пособие для вузов. – М.: МГГУ, 2003. – 260 с.
2. Alarie S. Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines / S. Alarie, M. Gamache // International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment. – 2002. – Vol. 16, №1. – P. 59-76.
3. Cetin N. Open-pit truck/shovel haulage system simulation / Ph.D. Thesis/ – Middle East Technical University, Turkey, 2004. – 133 p.
4. Krause A. J. Shovel-truck cycle simulation methods in surface mining / M. Sc. Thesis. – University of the Witwatersrand, South Africa, 2006. – 123 p.
5. Subtil R.F. A practical approach to truck dispatch for open pit mines / R.F. Subtil, D.M. Silva, J.C. Alves // 35th APCOM Symposium. – 2011. – P. 765-777.

УДК 621.039.531

## **РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ПАТРУБКОВ ВПРЫСКА И СБРОСА КОМПЕНСАТОРА ДАВЛЕНИЯ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1000**

**Овсенёв А.Е., Балачков М.М. Пермикина Е.Е.  
Научный руководитель: Семенов А.О.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, e-mail: tpu@tpu.ru, ovsenev1993@mail.ru*

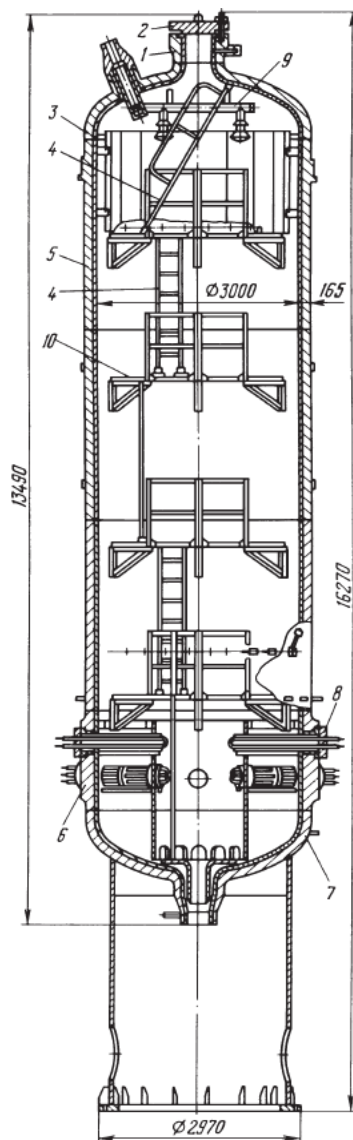
Расчет на статическую прочность является одним из основных методов расчета для определения прочности элементов оборудования реакторной установки ВВЭР-1000. В данной работе был произведен расчет на статическую прочность патрубков впрыска и сброса компенсатора давления реакторной установки ВВЭР-1000. В результате расчета по рассматриваемым критериям установилось, что прочность патрубка впрыска и сброса компенсатора давления удовлетворяется.

Ключевые слова: реакторная установка ВВЭР-1000, компенсатор давления, патрубков впрыска, патрубков сброса, напряженное состояние, статическая прочность.

Реакторная установка (РУ) ВВЭР-1000 состоит не только из реактора, но из другого различного оборудования и трубопроводов. Благодаря этому оборудованию происходит нормальная эксплуатация РУ. Одним из такого оборудования является компенсатор давления (КД). За все время проектного срока эксплуатации, КД подвергается жесткому температурному и динамическому воздействию, которые приводят к износу материала и систем данного

оборудования. Поэтому в конце сроков проектной эксплуатации необходимо проводить различные расчеты для обоснования продления сроков эксплуатации. Одним из таких методов является расчет на статическую прочность.

Целью данной работы является: произвести расчет на статическую прочность патрубков впрыска и сброса компенсатора давления реакторной установки ВВЭР-1000 для обоснования продления сроков эксплуатации.



1 – горловина; 2 – крышка; 3 – днище; 4 – лестница; 5 – обечайка; 6 – обечайка блока ТЭН; 7 – днище; 8 – блок ТЭН; 9 – коллектор; 10 – площадка

Рисунок 1 – Конструкция компенсатора давления

КД (рисунок 1) предназначен для создания давления в первом контуре при пуске и расхолаживания РУ, поддержания давления в заданных пределах при работе на стационарном уровне мощности и ограничения колебаний давления в переходных и аварийных режимах. КД представляет собой цилиндрический с эллиптическим днищем, установленный и закрепленный

вертикально на нижней опоре в виде цилиндрической обечайки и фиксируемой в верхней подвижной опоре от горизонтальных перемещений [1].

Корпус КД – это сварная конструкция, состоящая из четырех цилиндрических обечаек и двух штампованных эллиптических днищ. Корпус выполнен из стали 10ГН2МФА. Внутренняя поверхность корпуса, контактирующая со средой первого контура, плакирована наплавкой из антикоррозионных материалов.

Методика расчета на статическую прочность заключается в изначальном расчете напряженных состояний рассматриваемых узлов. Данный расчет осуществлялся при помощи программного комплекса ANSYS Mechanical. Разработанные конечно-элементарные модели представлены на рисунках 2-3.

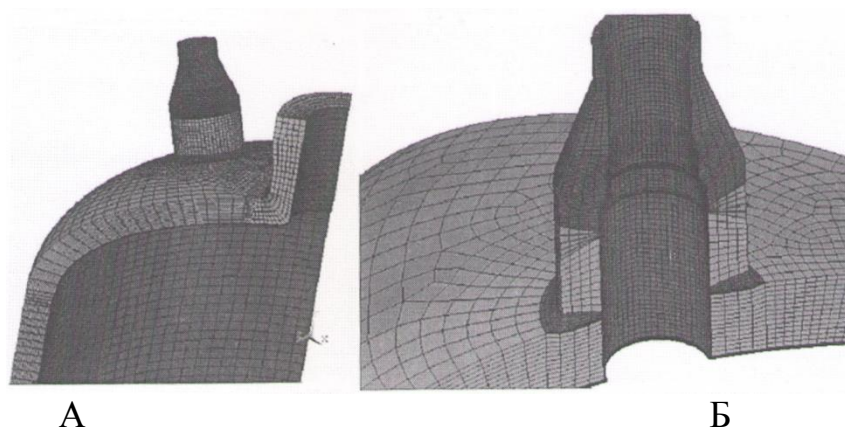


Рисунок 2 – Расчетная конечно-элементарная модель патрубка впрыска КД: А – полная модель; Б – фрагмент модели

При разработке модели учтены особенности геометрических параметров конструкции узла, симметрия узла относительно основных плоскостей декартовой системы координат, особенности нагружения и разнородность физических свойств материалов, из которых изготавливается узел, а также особенности температурного воздействия со стороны рабочей среды на элемент узла.

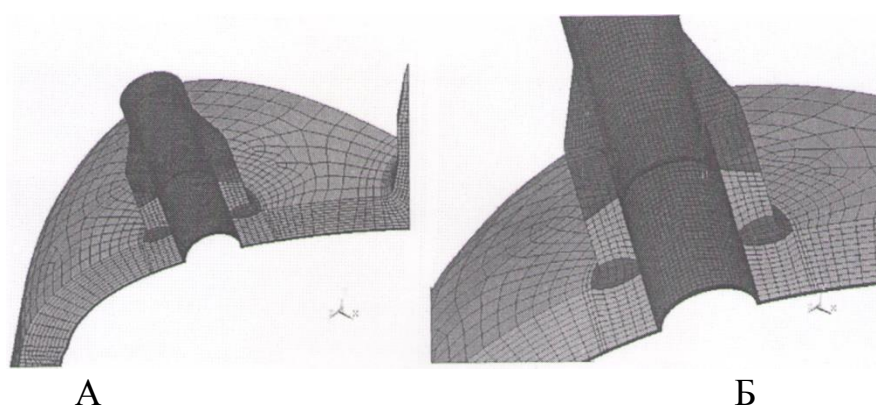


Рисунок 2 – Расчетная конечно-элементарная модель врезки патрубка сброса КД: А – полная модель; Б – фрагмент модели

Нагруженные давлением задается на внутренних поверхностях узлов. На торцевых поверхностях задаются растягивающие напряжения, возникающие из-за замкнутости объема, внутри которого действует давление. Величина напряжений, действующих на торцевых поверхностях определяется:

$$\sigma_y = P \cdot \frac{d_{\text{вн}}^2}{d^2 \cdot d_{\text{вн}}}, \quad (1)$$

где:  $\sigma_y$  – растягивающие напряжение, МПа;

$P$  – внутреннее давление, МПа;

$d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр, м;

$d$  – наружный диаметр, м.

Компоненты внешних усилий, действующих на патрубки, прикладываются через «управляющие» узлы, которые представляют собой узлы с соответствующим количеством степеней свободы, расположенной в центре сечения, к которому должны быть приложены (или в котором действуют) соответствующие внешние усилия. Эти узлы связаны с рассматриваемыми сечениями конструкции, что позволяет обеспечить соответствующее распределение усилий по сечению [2].

Методика расчета на статическую прочность патрубка впрыска и сброса компенсатора давления заключается в следующем: при расчете проверяется выполнение условий прочности применительно к рассматриваемым узлам при воздействии расчетных нагрузок.

Напряжения, определенные при расчете на статическую прочность по соответствующим категориям напряжений применительно к рассматриваемым узлам, не должны превышать соответствующих допускаемых напряжений.

Исходя из анализа напряженных состояний, полученных расчетным путем от воздействия соответствующих нагрузок, выбирается наиболее напряженные зоны рассматриваемых узлов. Затем в этих зонах, используя метод линеаризации напряжений, вычисляют соответствующие категории напряжений (общие мембранные, местные мембранные).

Статическая прочность элемента считается обеспеченной, если расчетные приведенные напряжения, определенные по теории наибольших касательных напряжений, по регламентируемым группам напряжений не превышает соответствующих допускаемых напряжений.

В ходе расчета рассматривалось нагружение внутренним давлением гидравлического испытания на прочность  $P=24,5$  МПа и внешними нагрузками на патрубки от подсоединяемых трубопроводов/для патрубка сброса пара из КД.

Приведенные напряжения в зоне приварки патрубка к верхнему днищу для материала 10ГН2МФА не превышают соответствующих допускаемых напряжений:

$$(\sigma)_2 = 223,1 \text{ МПа} < 1,7 [\sigma]^{Th} = 341,2 \text{ МПа} / (\sigma)_2 = 279,5 \text{ МПа} < 1,7 [\sigma]^{Th} = 341,2 \text{ МПа}.$$

Приведенные напряжения в зоне с максимальными напряжениями в штурцере для материала 08X18H10E не превышают соответствующих напряжений.

$$(\sigma)_2 = 169,6 \text{ МПа} < 1,7[\sigma]^{Th} = 210,8 \text{ МПа} / (\sigma)_2 = 168,9 \text{ МПа} < 1,7[\sigma]^{Th} = 210,8 \text{ МПа}.$$

Средние касательные напряжения в зоне приварки защитной рубашки, вызванные действием механических нагрузок и температурными воздействиями:

$$\tau_{cp} = 105,2 \text{ МПа} < 0,65[\sigma] = 112 \text{ МПа} / \tau_{cp} = 107,4 \text{ МПа} < 0,65[\sigma] = 112 \text{ МПа}.$$

На рисунке 4 показано распределение приведенных напряжений для патрубка впрыска теплоносителя/для патрубков сброса пара из КД при гидравлических испытаниях по первому контуру.

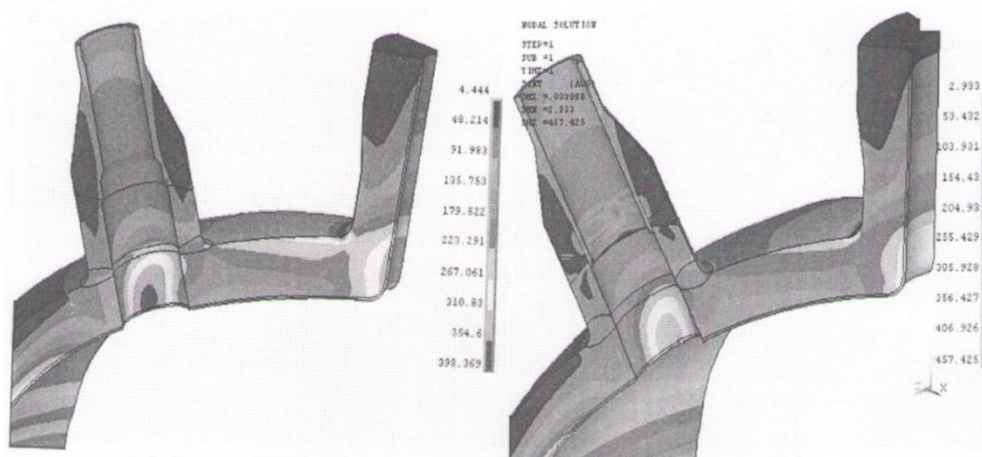


Рисунок 4 – Распределение приведенных напряжений для патрубка впрыска/сброса при гидравлических испытаниях по первому контуру, МПа

В результате расчетов можно сделать следующий вывод, что статическая прочность патрубков впрыска и сброса компенсатора давления реакторной установки ВВЭР-1000 обеспечивается, так как приведенные напряжения не превышают соответствующих допускаемых напряжений для используемых материалов.

#### Библиографический список

1. Компенсатор давления. Сборочный чертеж, 1160.11.00.000 СБ, предприятия п/я Г-4781, 1984.

2. Компенсатор давления. Исходные данные по свойствам материалов для расчетов на прочность, 320.44.02.01 Д10, ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2014.

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ С УСТРОЙСТВАМИ ВЫБОРКИ ЗАЗОРОВ В ШАРНИРАХ**

**Абрамов А.В.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Никитин А.Г.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

Определено, что одним из основных источников колебаний элементов машин являются подшипники скольжения, в которых вал находится во втулке (вкладышах) с зазором, при выборке которого происходит удар. Экспериментально определено, что устройства для выборки зазоров в подшипниках скольжения при работе щековой дробилки снижают уровень вибрации за счет устранения зазоров и, таким образом, повышают надежность работы дробилки в целом.

Ключевые слова: надежность, вибрация, выборка зазоров, упругий элемент,

Среди многочисленных технических причин относительно кратковременных, но достаточно частых простоев в условиях эксплуатации щековых дробилок значительное место занимают простои, связанные с заменой вкладышей подшипников скольжения из-за их износа [1]. Быстрый износ вкладышей является результатом не только контактного трения между цапфами осей и вкладышами, но и действия динамических сил, которые возникают при работе щековых дробилок из-за наличия зазора в кинематической паре сопряжения звеньев (цапфы и вкладыша подшипника) и дискретных значений скоростей относительного перемещения звеньев внутри зазоров подшипников скольжения.

Зазоры в кинематических парах, наличие которых обязательно для обеспечения подвижности звеньев, с увеличением продолжительности эксплуатации щековых дробилок постепенно увеличиваются, что приводит к уменьшению точности получаемого готового продукта (изменение фракционного состава), а также увеличению дополнительных динамических сил. Таким образом, надежная работа машины во многом зависит от создания условий, обеспечивающих беззазорный контакт сопряженных звеньев.

Исследования показали, что необходимый эффект можно получить путем применения малогабаритных упругих пневматических элементов, встраиваемых в кинематическую пару [2]. Постоянно воздействуя на подвижный корпус с закрепленным на нем антифрикционный вкладышем, упругий элемент выбирает зазор между цапфой и вкладышем. Устанавливается он со стороны, противоположной действию силы технологического сопротивления



на подшипник, что способствует не только выбору зазора в сочленении, но и обеспечивает компенсацию износа вкладыша.

Эксперименты проводились на исследовательской установке, представляющей собой щековую дробилку. Уровень вибрации оценивался косвенно через значения ускорений станины, в которой установлены акселерометры в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Опыты показали, что при наличии зазоров в подшипниках скольжения уровень ускорений в горизонтальной плоскости (рисунок 2, а) составляют при холостых ходах  $0,4 \div 0,5 \text{ м/с}^2$ , под действием сил технологического сопротивления (в процессе однократного дробления) и при их сбросе возникают пики ускорений величиной по модулю до  $5 \text{ м/с}^2$ , а в вертикальной плоскости (рисунок 3 а), соответственно,  $0,3 \div 0,4 \text{ м/с}^2$  и  $1,5 \div 2 \text{ м/с}^2$ . Если зазоры в опорах выбраны с помощью упругих пневматических устройств, то в горизонтальной плоскости при холостых ходах уровень ускорений уменьшается незначительно и составляет  $0,3 \div 0,4 \text{ м/с}^2$ , а в процессе дробления и при сбросе нагрузки величина ускорений значительно меньше, чем при работе подшипников с зазорами и составляет  $2 \div 2,5 \text{ м/с}^2$  (рисунок 2, б).

В вертикальной плоскости выборка зазоров практически не влияет на уровень ускорений (рисунок 3 б). Очевидно, что чем меньше уровень ускорений, возникающих при работе щековой дробилки, тем меньше уровень вибрации машины.

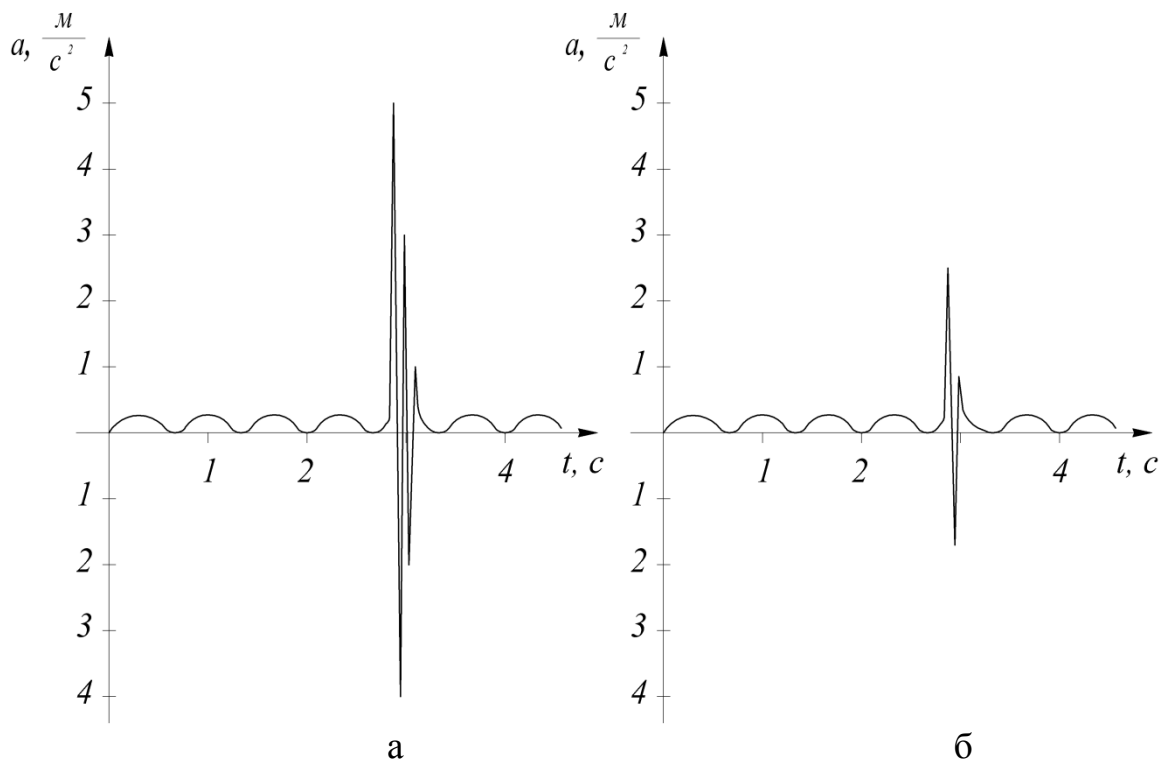


Рисунок 2 – Осциллограммы ускорений станины в горизонтальной плоскости: а – при наличии зазоров в опоре; б – при выбранных зазорах

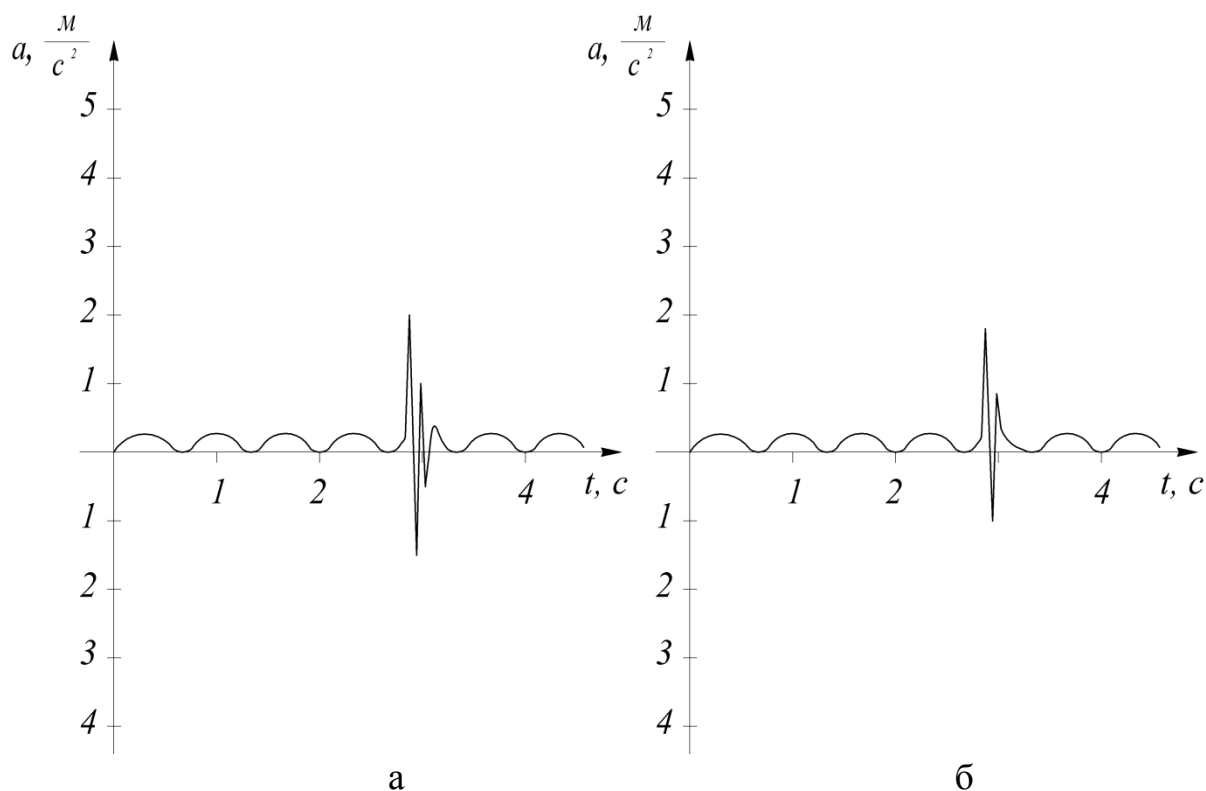


Рисунок 3 – Осциллограммы ускорений станины в вертикальной плоскости: а – при наличии зазоров в опоре; б – при выбранных зазорах

Следует отметить, что затухание значений ускорений при наличии зазоров в подшипниках при сбросе нагрузки происходит за  $3 \div 4$  периода колебаний, в то время как при использовании устройств для выборки зазоров затухание происходит практически сразу, что свидетельствует о высокой демпфирующей способности упругих пневматических элементов.

В связи с изложенным выше можно сделать вывод, что устройства для выборки зазоров в подшипниках скольжения при работе щековой дробилки снижают уровень вибрации за счет устранения зазоров и, таким образом, повышают надежность работы дробилки в целом.

#### Библиографический список

1. Гребенник В.М., Цапко В.К. Надежность металлургического оборудования. – М.: Металлургия, 1980. – 343 с.
2. Пат. 2453371 РФ. Валковая дробилка. / Никитин А.Г., Сахаров Д.Ф., Чайников К.А., Прилукова Н.З. // Открытия. Изобретения. 2012. № 17.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕНЕНИЮ ТЯГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА**

**Шугаев О.В.**

**Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Воскресенская Т.П.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

В статье рассматривается экономическая эффективность и возможность применения топливных элементов в подвижных единицах цеха технологического транспорта автотранспортного управления Западно–Сибирского металлургического комбината. Для этого выявлена возможность применения топливных элементов в наиболее распространённых автомобилях. Определены капитальные затраты на переоборудование транспортных единиц одного цеха выполняющих однородную работу. Произведено сравнение общих энергозатрат транспорта рассматриваемого цеха в стоимостном выражении при использовании различных видов энергоресурсов.

Ключевые слова: топливный элемент, автотранспортное управление, технологический транспорт, электрохимические генераторы, тяговая система.

Предприятия по производству металлургических полуфабрикатов занимают доминирующее положение не только в жизни того города, где он располагается, но и в жизни области и страны в целом. Рассмотренное утверждение обуславливается тем, что большинство бытовой и промышленной продукции изготавливается из металлоизделий металлургического комбината.

Для бесперебойной работы всех элементов металлургического предприятия требуется надежная система, транспортирующая необходимое сырье для изготовления продукции, осуществляющая технологические межцеховые перевозки, вывозящая отходы производства и доставляющая штатный персонал сотрудников к месту работы. Выполнение всех выше перечисленных функций возложено на автотранспортное управление (АТУ), являющееся самостоятельным структурным подразделением металлургического комбината. В связи с тем, что транспортное предприятие в основном состоит из подвижных единиц, включающих в свою конструкцию тяговые системы перерабатывающие дизельное топливо в механическую энергию, оно является одним из наиболее важных источников загрязнения окружающей среды. Транспортные средства входящие в структуру управления перерабатывают энергоресурсы не эффективно с средним КПД 30% при этом выделяя оксиды азота, углеродистые соединения, угарный газ и канцерогены [1]. Также дизельные агрегаты требуют постоянного и дорогостоящего обслуживания. Значительное количество выработанной энергии теряется в передаточных

узлах, изменяющих и передающих момент вращения от двигателя к движителю.

Решением ранее заявленных проблем может послужить внедрение водородо-перерабатывающих систем в качестве основного тягового элемента вместо дизельных двигателей.

Учитывая вышеизложенное, требуется определить эффективность внедрения топливных элементов в конструкцию подвижного состава

Для этого необходимо:

- определить возможность применения топливных элементов в наиболее распространённых подвижных единицах;
- определить капитальные затраты на переоборудование транспортных единиц одного цеха выполняющих однородную работу;
- сравнить общие энергозатраты.

В качестве объекта исследования был выбран цех технологического транспорта автотранспортного управления Западно-Сибирского металлургического комбината (АТУ ЗСМК). Предметом анализа является тяговые системы переработки энергии подвижных единиц, входящих в состав цеха.

Основной задачей цеха является обеспечение большегрузным транспортом и спецтехникой основных технологических переделов комбината. В настоящее время цех располагает инвентарным парком автомобилей БелАЗ в 52 единицы. Ежедневный выход на линию составляет 29-32 автомобиля. В состав цеха входят такие транспортные средства, как БелАЗы серии 75405; 7540В; 75485; 7548; 75423; 7547; 7522; БелАЗ 531.

С целью определения возможности применения топливных элементов в конструкции рассматриваемых транспортных средств на основании данных приведенных в [2,3] составлена таблица 1 отражающая габаритные размеры дизельных двигателей подвижных единиц цеха технологического транспорта.

Для переоборудования были выбраны твердополимерные топливные элементы с платино-никелевым катализатором марки НуРМ обладающие наиболее высокой мощностью, по сравнению с аналогами, компактными размерами и низкой стоимостью составляющей 60 долларов США за 1 кВт мощности [6,7]. На основании данных приведенных в [8,9,10] составлена таблица 2 отражающая характеристики топливных элементов марки НуРМ.

Проанализировав данные приведенные в [11] и таблицах 1,2 были спрогнозированы возможные технические изменения подвижного состава, результаты представлены в таблице 3, в которой круглыми скобками обозначены характеристики, представленного автомобиля без внедрения твердополимерных платино-никелевых тяговых систем использующих водород в качестве топлива.

Таблица 1 – Технические и эксплуатационные характеристики тяговых двигателей подвижных единиц входящих в цех технологического транспорта

Серия БелАЗа	Тяговый двигатель	Длина двигателя, мм	Ширина двигателя, мм	Высота двигателя, мм	Масса дви- гателя, кг	Номи- нальная мощность, кВт	Удельный расход топлива, г/кВт·ч
75405	ЯМЗ-240М2-1	1577	1014	1190	1670	265	230
7540В	ЯМЗ-240М2-1	1577	1014	1190	1670	265	230
75485	ЯМЗ-240НМ-1Б	1859	1098	1190	1790	368	224
7548	ЯМЗ-8401.10-02	1916	1114	1162	1840	405	226
75423	ЯМЗ-8401.10-06	1916	1255	1162,5	1890	405	220
7547	ЯМЗ-240НМ-1Б	1859	1098	1190	1790	368	224
7522	ЯМЗ-240М2	1577	1014	1190	1670	265	230
БелАЗ 531	ЯМЗ-240	1577	1014	1190	1670	265	230

Таблица 2 – Характеристики топливных элементов марки НуРМ

Маркировка	Мощность, кВт	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг
НуРМ HD 4-200	4,5	850	360	255	60
НуРМ HD 4-500	4,5	785	446	301	78
НуРМ HD 8-200	8,5	850	360	255	60
НуРМ HD 8-500	8,5	785	446	301	78
НуРМ HD 12	12,5	847	446	301	85
НуРМ HD 16	16,5	910	446	301	92
НуРМ HD 33	33	1150	1050	450	325
НуРМ HD 100	100	1150	1500	850	750
НуРМ HD 180	198	1582	1085	692	720
НуРМ CELERITY	60	800	375	980	275

Таблица 3 – Возможные технические изменения тягового агрегата подвижных единиц входящих в цех технологического транспорта

Серия БелАЗа	Наименование топливных элементов используемых в тяговой системе (количество модулей топливных элементов НурМ)	Длина тяговой системы (двигателя), мм	Ширина тяговой системы (двигателя), мм	Высота тяговой системы (двигателя), мм	Масса тяговой системы (двигателя), кг	Номинальная мощность после внесения изменений (до внесения), кВт	Расход топлива, нм <sup>3</sup> /ч
75405	HD 180 (1)+ CELERITY(1)	1582 (1577)	1085 (1014)	1067 (1190)	995 (1670)	258 (265)	167,184
7540В	HD 180(1)+ CELERITY(1)	1582 (1577)	1085 (1014)	1067 (1190)	995 (1670)	258 (265)	167,184
75485	НурМ CELERITY(6)	1600 (1859)	980 (1098)	1125 (1190)	1650 (1790)	360 (368)	233,28
7548	НурМ CELERITY(7)	1975 (1916)	980 (1114)	1125 (1162)	1925 (1840)	420 (405)	272,16
75423	НурМ CELERITY(7)	1975 (1916)	980 (1255)	1125 (1162,5)	1925 (1890)	420 (405)	272,16
7547	НурМ CELERITY(6)	1600 (1859)	980 (1098)	1125 (1190)	1650 (1790)	360 (368)	233,28
7522	HD 180(1)+ CELERITY(1)	1582 (1577)	1085 (1014)	1067 (1190)	995 (1670)	258 (265)	167,184
БелАЗ 531	HD 180(1)+ CELERITY(1)	1582 (1577)	1085 (1014)	1067 (1190)	995 (1670)	258 (265)	167,184

При анализе замены тяговых систем, на рассматриваемых подвижных единицах было выявлено следующее: силовые агрегаты питающие электроэнергией транспорт по габаритам незначительно превышают размеры дизельных тяговых систем; масса топливных элементов не превышает значения штатной тяговой системы, за исключением марки БелАЗов 7548, 75423; наблюдается незначительное уменьшение мощности, в среднем составляющее 7,33 кВт, кроме выше перечисленных моделей, у которых отмечен прирост на 15 кВт.

Все рассматриваемые транспортные средства требуют установки тяговых электродвигателей, так как все подвижные единицы оборудованы механическим оборудованием передачи вращающего момента от тяговой системы переработки энергии к движителю. Вместе с тем требуются капитальные вложения, связанные с приобретением оборудования для хранения сжиженного водородного топлива, а также газификаторы.

Для определения капитальных вложений связанных с переоборудованием двигателя транспортных средств на основании данных приведенных в [6,7,12,13,14,15] и курса доллара на 27.03.2018, составлена таблица 4 отражающая затраты на топливные элементы, тяговые электродвигатели и оборудование для хранения водорода в зависимости от мощности подвижного состава.

Таблица 4 – Требуемые минимальные капитальные вложения, направленные на переоборудование тяговых систем переработки топлива подвижных единиц входящих в цех технологического транспорта

Серия БелАЗа	Количество автомобилей	Затраты на топливные элементы, руб.	Марка тягового электродвигателя (количество)	Затраты на тяговые двигатели, руб.	Минимальное количество баллонов для работы транспорта не менее 12 часов	Затраты на емкость для хранения водорода, руб.	Время работы на полной заправке топливом, час.
75405	8	885069	275,0 кВт П-141	860000	3	19500	13,07
7540В	4	885069	275,0 кВт П-141	860000	3	19500	13,07
75485	8	1234980	180,0 кВт 4ПФМ280ЛГ (2)	807800	4	26000	12,49
7548	5	1440810	200,0 кВт 4ПФ250МКУХЛ4 (2)	1727170	5	32500	13,38
75423	7	1440810	200,0 кВт 4ПФ250МКУХЛ4 (2)	1727170	5	32500	13,38
7547	8	1234980	180,0 кВт 4ПФМ280ЛГ (2)	807800	4	26000	12,49
7522	11	885069	275,0 кВт П-141	860000	3	19500	13,07
БелАЗ 531	1	885069	275,0 кВт П-141	860000	3	19500	13,07

Общие минимальные затраты на внедрение твердополимерных топливных элементов с платино-никелевым катализатором марки НуРМ для транспортных единиц, находящихся в пользовании цеха технологического транспорта АТУ ЗСМК составит 113,855 млн. руб., также возможны дополнительные финансовые вложения связанные с кузовной реконструкцией подвижных единиц.

Для расчета необходимого количества баллонов с жатым газом использовалась данные приведенные в [14,15]. На основании расхода топлива топливными элементами НуРМ, уравнения Менделеева-Клайперона, закона Гей-Люссака и уравнения идеального состояния газа Бойля-Мариота выбрана емкость 40 л с весом 65 кг и рабочим давлением 14,7 МПа, в связи с вы-

бором баллонов выявлен удельный часовой расход топлива из баллонов с представленными параметрами составивший 0,005604 м<sup>3</sup>/кВт·ч. Для использования сжиженного водорода требуется криогенные системы хранения, а также газификаторы сжиженного газа, что недопустимо так как рассматриваемые транспортные средства обладают ограниченным объемом полезного пространства для размещения подобного оборудования.

С целью сравнения энергозатрат в стоимостном выражении, на основании показателей АТУ ЗСМК за декабрь 2016 года и данных приведенных в [2,14,15,16,17], введена таблица 5 отражающая количество автомобилей, находящихся в пользовании цеха технологического транспорта, затраты на дизельное топливо и водородное топливо марки А со степенью очистки 99,99 %.

Таблица 5 – Потребление различных видов энергоресурсов транспортных единиц, входящих в состав цеха технологического транспорта АТП ЗСМК

Серия БелАЗа	Количество автомобилей	Вид топлива	Требуемое количество топлива		Стоимость часа работы 1 автомобиля, руб./ч	Общая стоимость, руб./ч
			Ед. измерения	Значение		
75405	8	Водород газобразный технический марка А ГОСТ 3022-80 степень чистоты водорода 99,99% (тариф 113,4 руб. 1 м <sup>3</sup> )	м <sup>3</sup> /ч	1,48506	168,41	1347,246
7540В	4			1,48506	168,41	673,6232
75485	8			2,062272	233,86	1870,893
7548	5			2,26962	257,38	1286,875
75423	7			2,26962	257,38	1801,624
7547	8			2,062272	233,86	1870,893
7522	11			1,48506	168,41	1852,464
БелАЗ 531	1			1,48506	168,41	168,4058
Итого					1656,096	10872,02
75405	8	Дизельное топливо (ср. значение) (тариф 40,56 руб. 1 литр)	л./ч.	72,56	2943,01	23544,11
7540В	4			72,56	2943,01	11772,06
75485	8			98,13	3980,28	31842,22
7548	5			108,96	4419,6	22097,96
75423	7			106,07	4302,26	30115,8
7547	8			98,13	3980,28	31842,22
7522	11			72,56	2943,01	32373,16
БелАЗ 531	1			72,56	2943,01	2943,014
Итого					28454,46	186530,5



Анализ приведенных выше данных позволяет сделать следующие выводы: переоборудование тяговой системы автомобильного технологического транспорта позволит сократить затраты на топливо практически в 17,2 раз, а именно каждый час работы всех подвижных единиц цеха на топливных элементах марки НуРМ снижает затраты на 175658,48 рублей.

Для того чтобы определить срок окупаемости капитальных вложений направленных на переоборудование подвижных единиц цеха технологического транспорта АТУ, использовалась модель Брауна [18] позволяющая спрогнозировать изменения стоимости водорода и дизельного топлива на длительный период времени. Для этого использовались таблица инфляции [19], прогнозирование значения уровня инфляции и стоимости топлива произведено в информационной среде Microsoft Excel. По результатам полученных данных о стоимости топлива составлена имитационная модель целью которой является определение минимального количества дней за которое капитальные затраты на переоборудование подвижных единиц технологического цеха окупятся. Не использованные экономические ресурсы, направленные на снабжение топливом транспорт, выступают средствами для восстановления затраченных вложений на переоборудование силовой тяговой системы. Расчетный период представлен с 1 марта 2018 года, при ежедневном среднем коэффициенте использования парка автомобилей равном 0,6.

Для решения целевой функции введены следующие обозначения:

a,b,c,d,e,f,g,q – количество дней расчетного месяца;

T() – затраты на водородное топливо от действия инфляции для расчетного месяца;

E() – затраты на дизельное топливо от действия инфляции для расчетного месяца;

k – суточная норма работы;

L – затраты на переоборудование топливными элементами.

Целевая функция:

$$F=a+b+c+d+e+f+g+q \rightarrow \min$$

Ограничения модели:

$$L \leq a \cdot (k \cdot (E1 - T1)) + b \cdot (k \cdot (E2 - T1)) + c \cdot (k \cdot (E2 - T2)) + d \cdot (k \cdot (E2 - T3)) + e \cdot (k \cdot (E2 - T4)) + f \cdot (k \cdot (E2 - T5)) + g \cdot (k \cdot (E2 - T6)) + q \cdot (k \cdot (E2 - T7))$$

$$a \leq 31; b \leq 30; c \leq 31; d \leq 30; e \leq 31; f \leq 31; g \leq 30; q \leq 31$$

Поиск решения представленной целевой функции выполнен при использовании метода обобщенного приведенного градиента (рисунок 1).

Рассматриваемый проект внедрения твердополимерных топливных элементов с платино-никелевым катализатором способен окупиться в среднем за 45 дней с учетом инфляции, ежедневной нагрузки автомобилей 24 часа и при условии ежемесячного использования 60 % транспортных средств.

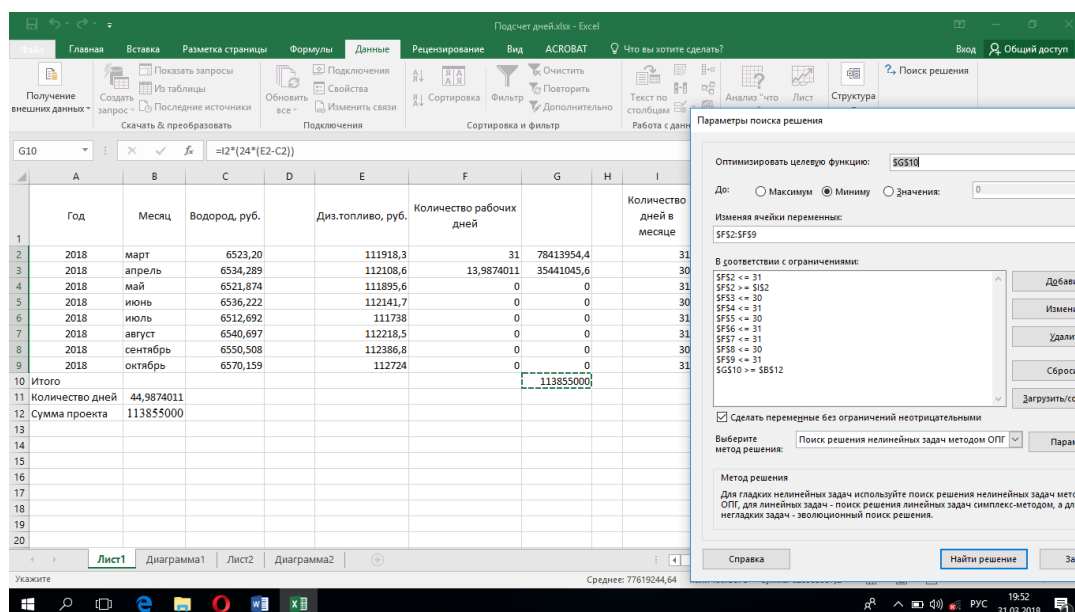


Рисунок 1 – Решения целевой функции определения срока окупаемости проекта изменения тяговых систем переработки энергии подвижных единиц в условиях цеха технологического транспорта АТУ

Детальное отображение экономии от переоборудования тяговой системы отображает диаграмма накопления общего остатка неиспользованных средств, предназначенных для закупки дизельного топлива, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 – Диаграмма накопления общего остатка неиспользованных средств фонда дизельного топлива

Рассмотренный вопрос внедрения топливных элементов в конструкцию транспортных единиц находящихся в пользовании цеха технологиче-

ского транспорта автотранспортного управления Западно–Сибирского металлургического комбината позволяет сделать следующие выводы:

– транспортные единицы, оборудованные топливными элементами обслуживающие металлургический комбинат, не выделяют вредных выбросов внутри рабочих цехов, что значительно улучшает условия труда рабочих;

– переоборудованные тяговые системы не требуют обслуживания, вследствие этого снизятся затраты на техническое обслуживание;

– габаритные размеры топливных элементов незначительно превышают размеры силового дизельного агрегата, помимо этого требуется свободное пространство для размещения тягового электродвигателя, в связи с этим возможна незначительное изменение конструкции автомобиля;

– топливные элементы автомобильного транспорта в данном случае будут работать на сжатом газе, для использования сжиженного водорода требуется развитие инфраструктуры, а также размещение на транспортных средствах газификационного оборудования и криогенной системы хранения топлива, в связи с этим увеличатся капитальные вложения на приобретение и размещения подобных систем;

– автомобили, работающие на электрохимических генераторах, используют возобновляемые виды топлива, а также имеет более высокий КПД по сравнению с двигателями внутреннего сгорания;

– использование топливных элементов марки НуРМ в автомобилях цеха технологического транспорта АТУ позволяет снизить расходы на топливо в 17,2 раз.

#### Библиографический список

1. Шугаев Олег Владимирович, Воскресенская Тамара Петровна Обоснование выбора и аргументация использования водородного топливного элемента для автомобиля // Вестник СибГИУ. 2016. №3 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-vybora-i-argumentatsiya-ispolzovaniya-vodorodnogo-toplivnogo-elementa-dlya-avtomobilya> (дата обращения: 23.03.2018).

2. Справочник эксплуатационных характеристик БЕЛАЗ: [Электронный ресурс]// studmed.ru. URL: [http://www.studmed.ru/docs/document\\_7114?view=5/](http://www.studmed.ru/docs/document_7114?view=5/). (Дата обращения: 22.03.2018).

3. Применяемость и гарантийные обязательства на двигатели ЯМЗ V12: [Электронный ресурс]//Авто альянс. URL: [http://www.yamzopt.ru/catalog/yamz/usage/applicability\\_and\\_warranty\\_v12.html](http://www.yamzopt.ru/catalog/yamz/usage/applicability_and_warranty_v12.html). (Дата обращения: 22.03.2018).

4. Большегрузный самосвал БелАЗ-7522: технические характеристики: [Электронный ресурс]// fb.ru. URL: <http://fb.ru/article/372027/bolshegruznyiy-samosval-belaz--tehnicheckie-harakteristiki.html>. (Дата обращения: 23.03.2018).

5. БЕЛАЗ-531: [Электронный ресурс]// Отечественный пром. URL: <http://nashi-avto.ru/by/belaz/s/белаз-531.html>. (Дата обращения: 23.03.2018).

6. Fuel cells: [Электронный ресурс] // IOP Institute of Physics. URL: <http://www.iop.org/resources/topic/archive/fuel/index.html/>(Дата обращения: 20.02.2018).

7. Fuel Cell Technologies Office Accomplishments and Progress: [Электронный ресурс] // energy.gov. URL: <https://energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cell-technologies-office-accomplishments-and-progress/>(Дата обращения: 20.02.2018).

8. HуPM® Fuel Cell Power Modules: [Электронный ресурс]// Hydrogenics.URL: <http://www.h2fc-fair.com/hm10/images/pdf/hydrogenics02.pdf/>. (Дата обращения: 24.03.2018).

9. HУPM-HD 180 POWER MODULE: [Электронный ресурс]// Hydrogenics.URL: [http://www.hydrogenics.com/wp-content/uploads/HуPM-180-Spec-Sheet.pdf?\\_\\_hssc=137400175.1.1508256358773&\\_\\_hstc=137400175.5d2800b4eb73e992c53627ba8bbd1ced.1508256358772.1508256358772.1508256358772.1&\\_\\_hsfp=2090379707&hsCtaTracking=36d7cdb8-d558-461f-afd4-a2bb36288713%7Cbaf8b9b1-e7eb-4216-8074-ba2ff6f42797/](http://www.hydrogenics.com/wp-content/uploads/HуPM-180-Spec-Sheet.pdf?__hssc=137400175.1.1508256358773&__hstc=137400175.5d2800b4eb73e992c53627ba8bbd1ced.1508256358772.1508256358772.1508256358772.1&__hsfp=2090379707&hsCtaTracking=36d7cdb8-d558-461f-afd4-a2bb36288713%7Cbaf8b9b1-e7eb-4216-8074-ba2ff6f42797/). (Дата обращения: 24.03.2018).

10. TECHNICAL SPECIFICATIONS: [Электронный ресурс]// Hydrogenics.URL: <http://www.hydrogenics.com/wp-content/uploads/HуPM-HD-Brochure.pdf/>. (Дата обращения: 24.03.2018).

11. International Hydrail Conference HуPM™ Fuel Cell Power Modules & Systems: [Электронный ресурс]// Hydrogenics shift power | energize your world. URL: [https://hydrail.appstate.edu/sites/hydrail.appstate.edu/files/9\\_Kammerer.pdf/](https://hydrail.appstate.edu/sites/hydrail.appstate.edu/files/9_Kammerer.pdf/). (Дата обращения: 25.03.2018).

12. Электродвигатели постоянного тока серии П: [Электронный ресурс]// Электропроект. URL: <http://www.elp.ru/catalog/Elektricheskie-mashiny-Elektrodivigateli-generatory/Elektrodivigateli-postoyannogo-toka-Generatory-postoyannogo-toka/Elektrodivigateli-postoyannogo-toka-serii-4P/>. (Дата обращения: 26.03.2018).

13. Электродвигатели постоянного тока серии 4П: [Электронный ресурс]// Электропроект. URL: <http://www.elp.ru/catalog/Elektricheskie-mashiny-Elektrodivigateli-generatory/Elektrodivigateli-postoyannogo-toka-Generatory-postoyannogo-toka/Elektrodivigateli-postoyannogo-toka-serii-P/>. (Дата обращения: 26.03.2018).

14. Водородный баллон 40л: [Электронный ресурс]// Промышленная компания Волга. Технические газы, газовые баллоны, газосварочное оборудование <http://pkvolga.ru/vodorodni-ballon-40l/>. (Дата обращения: 27.03.2018).

15. Водород газообразный технический марки А: [Электронный ресурс]// НИИ КМ 2000-2017.URL: [http://www.niikm.ru/products/hydrogen/hydrogen\\_40/](http://www.niikm.ru/products/hydrogen/hydrogen_40/). (Дата обращения: 27.03.2018).

16. Сырбаков, А.П. Топливо и смазочные материалы: учебное пособие/ А.П.Сырбаков, М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 159 с

17. Цены на бензин, ДТ, газ в Кемеровской области: [Электронный ре-

сурс]// Цены на бензин и карта АЗС России. URL: [https://www.benzin-price.ru/price.php?region\\_id=42/](https://www.benzin-price.ru/price.php?region_id=42/). (Дата обращения: 29.03.2018).

18. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавров / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В. Орлова. – М.:Юрайт, 2012. – 328 с.

19. Таблица инфляции: [Электронный ресурс]// Уровень инфляции в Российской Федерации . URL: [http://уровень-инфляции.рф/%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0\\_%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%B8.aspx/](http://уровень-инфляции.рф/%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D0%B8.aspx/). (Дата обращения: 30.03.2018).

УДК 656.073.26:669.1

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТАНОВОК МЕТАЛЛОЛОМА НА ПЛОЩАДКУ РЕЛЬСОВОГО ПРОКАТА ЕВРАЗ ЗСМК**

**Шуталев Г.В.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дружинина М.Г.**  
*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: sommer9377@gmail.com*

На сегодняшний день сложились неблагоприятные условия на станции Карьер Евраз ЗСМК по транспортировке металлолома на площадку рельсового проката Евраз ЗСМК. Одним из наиболее существенных факторов, оказывающих негативное влияние на все звенья транспортного процесса, является неравномерность. Наличие неравномерности перевозок необходимо учитывать при определении потребной пропускной и перерабатывающей способности технических средств железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: сезонная неравномерность, суточная неравномерность, время нахождения, погрузо-разгрузочные средства, сокращение неравномерности.

В настоящее время сложились неблагоприятные условия на станции Карьер Евраз ЗСМК по транспортировке металлолома на площадку рельсового проката. Технология доставки и обработки металлолома на станции Карьер включает в себя следующее: после поступления сборного поезда со станции примыкания на станцию Заводская-Сортировочная состав расформировывают по назначениям в внутривозовские кольцевые поезда. При этом металлолом поступает от разных грузоотправителей как правило в полувагонах принадлежащих разным операторским компаниям. В состав внутривозовского кольцевого поезда включаются вагоны разного назначения в том числе и вагоны с металлоломом, количество которых в поезде может варьироваться от 1 до 60, и количество поездов от 1 до 3 в сутки.

По прибытию поезда на станцию Карьер, вагоны с металлоломом переставляют на путь №2 центрального парка для подачи в адрес контрагента ООО « Вторресурс- Переработка» на переработку. На грузовых фронтах контрагента осуществляется выгрузка металлолома из вагонов и его подготовка для загрузки в короба на платформах и подачи в электросталеплавильный цех. После выгрузки металлолома порожние вагоны подают на путь предназначенный для очитки. Вагоны прошедшие очитку выставляют в центральный парк станции Карьер для формирования в кольцевой поезд следующий на станцию Заводская- Сортировочная.

В связи с неравномерностью поставок зачастую вагонами с металлоломом занят не только путь №2 центрального парка , но и другие пути станции Карьер, поскольку ООО « Вторресурс- Переработка» не успевает осуществлять выгрузку металлолома.

Размеры вагонопотоков с металлоломом поступающих на площадку рельсового проката характеризуются неравномерностью изменяющейся по сезонам, месяцам, декадам, суткам, и т.д., колебание объема перевозок является фактором перевозочного процесса, который необходимо учитывать при организации работы станции [1]. Наибольшее влияние на эксплуатационную работу станции Карьер оказывают: сезонная и суточная неравномерности.

Причины, вызывающие неравномерность поставок металлолома, принято разделять на три группы: экономические, технические и организационные [3]. К экономическим причинам относится несвоевременное заключение договоров на поставку. К техническим факторам относится недостаток грузо-разгрузочных средств и их износ. К организационным причинам относятся несогласованность режимов работы станции Карьер и контрагентов (занятых на переработке металлолома) , предоставление «окон» для ремонтных работ.

В числе основных причин, вызывающих суточную неравномерность можно назвать неритмичную работу цехов и контрагентов (занятых на переработке металлолома), увеличение выгрузки продукции к концу месяца или декады, неравномерность в снабжении порожняком грузоотправителей, перерывы в движении на период ремонтных работ [2].

Неравномерность перевозок оказывает влияние не только на оперативное планирование работы станции Карьер и пути необщего пользования в целом , но и на пропускную и перерабатывающую способность, т.е. количества путей и грузовых устройств на фронтах контрагента, а также на разработку технических нормативов эксплуатационной работы станции [1]. При этом возникает весьма противоречивая задача: либо иметь дополнительные провозные и перерабатывающие способности, рассчитанные на максимальный объем, либо в период пиковых поставок станция Карьер становится «складом на колесах».

Неравномерность поставок металлолома серьезно осложняет работу станции Карьер. Сгладить эту неравномерность, путем накопления вагонов

на станции Заводская- Сортировочная и осуществления равномерных подач на станцию Карьер, не представляется возможным. Поэтому необходимо глубокое изучение влияния неравномерности поставок для повышения эффективности эксплуатационной работы станции Карьер во взаимодействии с контрагентами и обслуживаемыми цехами.

#### Библиографический список

1. Железнодорожный путь и станции промышленных предприятий / В.И. Ангелейко.-Москва: Гостехиздат, 2012.-302с.

2. Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте, 2008.-368 с.

3. Минько, Р.Н. Технология транспортных процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Н. Минько, А.И. Шапошников.- Электрон.дан.-Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2016.– 120с.– Режим доступа URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=448313> (15.06.2018).

## Содержание

I. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	3
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПЫЛЕВЗРЫВОБЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ФИЛИАЛА «ШАХТА «УВАЛЬНАЯ».....	3
Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.	
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ОАО «ШАХТА «ЕСАУЛЬСКАЯ» .....	8
Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В.	
РАЗРАБОТКА ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ОТРАБОТКИ НАДРАБОТАННОГО ПЛАСТА 45 В УСЛОВИЯХ ОАО ФИЛИАЛ «ШАХТА «ЕРУНАКОВСКАЯ–VIII» .....	13
Полтинников Р.С., Никитина А.М., Риб С.В.	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ВЫЕМКИ ВЫСОКОГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ .....	20
Бухгольц Э.И., Волошин В.А., Амбарян Ш.Ю.	
ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДЕГАЗАЦИИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПЛАСТА Е-5 В УСЛОВИЯХ ООО «ШАХТА «ОСИННИКОВСКАЯ».....	23
Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В., Ларин М.К.	
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ДЕГАЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ООО «ШАХТА «УСКОВСКАЯ».....	27
Борзых Д.М., Никитина А.М., Риб С.В., Волошин В.А.	
II. МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ .....	32
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛНЫ ГОРЕНИЯ В САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕМСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ СИНТЕЗЕ .....	32
Балачков М.М., Пермикин А.А.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ В ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ К НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКЕ .....	35
Бабичев В.А.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В ККЦ №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК».....	37
Ермолаев П.С.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МЕТАЛЛА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ В ЭСПЦ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» .....	40
Заборский И.В.	
ПУТИ РАЗВИТИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ПРЕССОВАНИЯ СПОСОБОМ «КОНФОРМ»... ..	43
Селиванова Е.В.	
ОБЪЕМ И КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ МЕДИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	48



Кудояров. А.А., Медведев К.А., Кабуров Д.С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ .....	51
Чудов А.Е., Федорова М.В., Устинова А.Г. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗБАВЛЕНИЯ ШИХТЫ ИНЕРТНОЙ ДОБАВКОЙ НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВ-СИНТЕЗА ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОЙ МАТРИЦЫ ДИСПЕРСИОННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА... 56	56
Юрченко М.Д., Пермикин А.А., Чурсин С.С. SSD ПРОТИВ HDD: В ЧЕМ РАЗНИЦА? .....	59
Шабалин А. Ю., Абраменко А.Е., Ерохин Д.В. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ДОБАВОК СТРОНЦИЯ И МАГНИЯ НА ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ МАТРИЦЕЙ И АРМИРУЮЩИМИ ЧАСТИЦАМИ В ГИБРИДНОМ КОМПОЗИТЕ .....	65
Кудояров А.А. ТУРБУЛЕНТНАЯ КОНВЕКЦИЯ И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В КРУГОВОЙ ТРУБЕ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ВИТЫМИ ЛЕНТАМИ .....	70
Бойко А. Р., Шалунов А. В.(МТ-16) III. ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ .....	77
ТЕХНОЛОГИЯ ПОДОГРЕВА ДОБАВОЧНОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ КОТЛОАГРЕГАТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЭЦ .....	77
Стерлигов В.В., Адыбаев Д.Е. УГЛЕРОДНЫЙ НАЛОГ – ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД? .....	81
Александрова О.А. НЕТРАДИЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ .....	84
Венгер М.К., Королёв Н.А. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ Г. КАЛТАН ОТ ПАО "ЮЖНО- КУЗБАССКАЯ ГРЭС" .....	88
Горбунов А.С., Сорокина Л.Н., Кузина О.П. УМЕНЬШЕНИЕ БПК И НИТРАТ ИОН НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ Г.ОСИННИКИ.....	91
Абрамова Е.А., Сорокина Л.Н., Росс Д.Е. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ .....	94
Александрова О.А. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ – РЕШЕНИЕ «ЧИСТОГО» БУДУЩЕГО.....	97
Александрова О.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ...	99
Алшынбаев С.Д. БЕЗУГЛЕРОДНАЯ ЗОНА.....	102
Карбач Ю.С.	

ВЫРАВНИВАНИЕ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ .....	105
Стерлигов В.В., Мигель Р.О.	
IV. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ.....	110
КОНКРЕТИЗАЦИЯ ПРЕЦЕДЕНТНОГО МЕТОДА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УПРАВЛЕНИЮ СЛОЖНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ И ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	110
Миронова К.А.	
УПРАВЛЕНИЕ СУШКОЙ УГОЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА ГОРЯЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ .....	114
Раскин М.В., Саламатин А.С., Макаров Г.В.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	117
Макаров Г.В., Саламатин А.С., Сергеев В.С.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ.....	119
Иванов Д.В., Коровин Д.Е.	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ SAFT В УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК .....	123
Вдовенко А.Ю., Долматов Д.О.	
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИАТОРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУЗОВОЙ ТЕХНИКИ .....	127
Пуртов В.Г.	
ИЗМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА МАГНИТНОЙ ЦЕПИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ СОКРАЩЕНИЯ РИСКА ОБРЫВА СТЕРЖНЕЙ РОТОРА...	130
Зайцев Н.С., Сунцов В.О.	
АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЖЛИЧНОСТНЫХ ОТНОШЕНИЙ И ВЫПОЛНЕНИЯ СПОРТИВНЫХ НОРМАТИВОВ СБОРНОЙ КОМАНДЫ ПО БАСКЕТБОЛУ.....	135
Рындовская Е.В.	
ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА .....	138
Борисов Р.С.	
МЕТОД ПРЕЦЕДЕНТОВ В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ.....	140
Миронова К.А., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н.	
ВНЕДРЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ТИРИСТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТАЛЕПАВИЛЬНОГО ЦЕХА .....	144
Миронов М.С., Сигачев Н.А., Воронцов А.В.	
РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ.....	150
Маколкин И.С., Модзелевский Д.Е.	

ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЁМА ERP-ПРОЕКТА ПРЕДПРИЯТИЯ.....	153
Мелкишев Р.В.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ .....	157
Романюк С.Ю., Кузьмин С.А.	
ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ (САЗ ПУ) .....	162
Модзелевский Д.Е., Маршев Д.А.	
РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА ЭОР "СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C#" .....	167
Неверов К.В.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ СВЕДЕНИЙ К СОСТАВЛЕНИЮ РАСПИСАНИЯ.....	171
Шлянин С.А.	
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ГРУППОВОЙ РАССЫЛКИ СООБЩЕНИЙ В СИСТЕМЕ «MOODLE».....	176
Раецкий А.Д., Шлянин С.А., Дворянчиков М.В., Гусев М.М.	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....	180
Одинокоев А.В.	
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ПО ОСНОВАМ НАПИСАНИЯ КИТАЙСКИХ ИЕРОГЛИФОВ .....	185
Губанов Н.В.	
ВЫБОР МЕТОДА РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ .....	189
Сарафанников Е.О.	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАДКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЦИЛИНДРА.....	192
Устинова А.Г., Прудкий Е.Е., Чудов А.Е., Федорова М.В.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ.....	198
Коровин Д.Е., Иванов Д.В.	
МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	199
Андрианов О.Н., Золин И.А., Золин К.А.	
РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НОВОГО НЕПРЕРЫВНОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЭР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА И ИНСТРУМЕНТА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ .....	201
Губанов Н., Ходоков А.	

V. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА .....	210
ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ.....	210
Дывак В.В.	
ВЫЯВЛЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОДНЫХ АТТРАКЦИОНОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АКВАКОМПЛЕКСА В СТРУКТУРЕ ГИДРОПАРКА.....	212
Карташева Е.С.	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ .....	221
Колмакова Т.А.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ.....	224
Незавитина Е.И.	
ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО РАСЧЕТУ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	228
Ногина Д.Н.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПОДБОР СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ НАУЧНО - ДОСУГОВОГО КОМПЛЕКСА В Г. БЕЛОКУРИХА .....	231
Архипов А.А.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КЕРАМЗИТОБЕТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	234
Колокольцов В.Н.	
ФУНДАМЕНТ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМООПАСНЫХ РАЙОНАХ .....	238
Нагих Ю.В.	
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ЭФФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОТТЕДЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА .....	241
Шакиров Е.З.	
МАЛОЭТАЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО .....	245
Усольцев И.Е.	
АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В Г.КЕМЕРОВО .....	247
Агаркова Н.А.	
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ.....	249
Губко В.П.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ЦЕХА В Г. НОВОКУЗНЕЦКЕ .....	251
Иванова Е.С.	
ОБСЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГАЛЕРЕЙ ПОДАЧИ УГЛЯ НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ .....	254

Истерин Е.В. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В Г. КАЗАНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПК ЛИРА-САПР.....	257
Каиркенов Х.К. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ СО СВЕТОАЭРАЦИОННЫМИ ФОНОРЯМИ .....	260
Коровина В.И. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ БЛОКА ОЧИСТКИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ В НОВОКУЗНЕЦКОМ РАЙОНЕ .....	263
Кошкарлова О.И. ОСОБЕННОСТИ СБОРА НАГРУЗОК НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ КОНВЕЙЕРНОЙ ЭСТАКАДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	266
Левина С.П. ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ .....	269
Мамонтова Е.В. ....	269
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ.....	272
Пеньшина Е.Е. РЕЗУЛЬТАТЫ ВИЗУАЛЬНОГО И ДЕТАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЯ УЧАСТКА ДЕКОМПОЗИЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА .....	275
Поправка И.А.275 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ.....	280
Олещук А.В. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА ШАХТЫ.....	284
Самбурский М.В. ДИАГНОСТИКА И ЭКСПЕРТИЗА ОБЪЕКТОВ.....	286
Веснин Д.А. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	288
Недосекова О.С. ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРЕВА БЕТОНА В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ.....	291
Галимзянов Р.Р. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ СКЛАДОВ МАТЕРИАЛОВ .....	294
Васильева Д.Е. УДАЛЕНИЕ АГРЕССИВНЫХ ГАЗОВ ИЗ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ .....	297
Горошников А.А. СОВРЕМЕННОЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО НА ПРИМЕРЕ МУЛЬТИКОМФОРТНОГО ДОМА .....	300
Иванова М.В.	

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	305
Колемасов В.Д.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ.....	307
Коркин Е.В.	
ОБОСНОВАНИЕ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА.....	311
Кузьмина Н.Г.	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В Г. НОВОСИБИРСКЕ .....	316
Лежнёв А.И.	
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРБЕТОНА .....	318
Лихачев В.Е., Лопухова А.Ю.	
САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ .....	321
Маренич Е.А.	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АРХИТЕКТУРЕ ШКОЛ .....	328
Махмутова И. Р.	
ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	334
Нуриев В.Ш.	
СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОНА .....	337
Панов Д.В.	
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА УДАЛЕНИЯ ОСАДКА ИЗ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ .....	340
Усенко В.И.	
ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	344
Филатова В.С.	
ЭВОЛЮЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ НОВОКУЗНЕЦКА .....	350
Филатова В.С.	
VI. ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ, МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ .....	360
К ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ РАЗРЕЗОВ .....	360
Кравчик О.Н.	
РАСЧЕТ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ПАТРУБКОВ ВПРЫСКА И СБРОСА КОМПЕНСАТОРА ДАВЛЕНИЯ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1000.....	363
Овсенёв А.Е., Балачков М.М. Пермикина Е.Е.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ С УСТРОЙСТВАМИ ВЫБОРКИ ЗАЗОРОВ В ШАРНИРАХ .....	368
Абрамов А.В.	

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕНЕНИЮ ТЯГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЭНЕРГИИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА .....	371
Шугаев О.В.	
ОСОБЕННОСТИ ПОСТАНОВОК МЕТАЛЛОЛОМА НА ПЛОЩАДКУ РЕЛЬСОВОГО ПРОКАТА ЕВРАЗ ЗСМК.....	381
Шуталев Г.В.	

Научное издание

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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Часть III**

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых*

**Выпуск 22**

Под общей редакцией  
Технический редактор  
Компьютерная верстка

М.В. Темлянцева  
Г.А. Морина  
Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 01.10.2018 г.  
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 22,8 Уч.-изд. л. 25,2. Тираж 300 экз. Заказ № 276

Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42  
Издательский центр СибГИУ