

Научный журнал

# ВЕСТНИК

Сибирского  
государственного  
индустриального  
университета

№ 2 (12), 2015

Основан в 2012 году  
Выходит 4 раза в год

## Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

## Редакционная коллегия

Е.В. Протопопов  
(главный редактор)

М.В. Темлянецв  
(зам. главного редактора)

С.В. Коновалов  
(отв. секретарь)

П.П. Баранов  
Е.П. Волынкина  
Т.П. Воскресенская  
Г.В. Галевский  
В.Ф. Горюшкин  
В.Е. Громов  
Л.Т. Дворников  
С.М. Кулаков  
С.И. Павленко  
Т.В. Петрова  
Л.Б. Подгорных  
Е.В. Пугачёв  
В.Ф. Соколова  
А.К. Соловьев  
А.В. Феоктистов  
В.Н. Фрянов  
В.П. Цымбал

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Фрянов В.Н.** Состояние и направления развития программы исследований технологии подземной угледобычи.....3  
**Машуков И.В., Чаплыгин В.В.** Расчет сейсмобезопасных расстояний при массовых взрывах с учетом схем взрывания скважинных зарядов с применением неэлектрической системы инициирования.....4  
**Чаплыгин В.В., Николаев Е.Д.** Практичная теория очистки конвейерных лент.....9  
**Мезенцева О.П., Удодов Ю.В.** Лохков-пражские мшанки западной части Алтае-Саянской складчатой области.....18  
**Коряга М.Г.** Многоцелевые возможности использования колтюбинговых технологий для дегазации выработанного пространства, мониторинга и борьбы с пожарами.....25

### МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Князев С.В., Скопич Д.В., Усольцев А.А., Фатьянова Е.А.** Прогнозирование качественных характеристик сталей марки 20ГФЛ.....31  
**Филиппова М.В., Темлянецв М.В., Перетяцько В.Н.** Термические активированные процессы при горячей деформации стали 08Х18Н10Т.....33

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

- Воскресенский И.В., Воскресенская Т.П., Николаева Л.Ю.** Современные подходы к созданию трансконтинентальной магистрали с позиций заинтересованных стран.....38

### ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

- Пугачёв Е.В., Корнеев В.А., Корнеев П.А.** Методика оценки прочности горных пород в окрестностях скважины, пробуренной из горной выработки.....42  
**Пугачёв Е.В., Кипервассер М.В., Герасимук А.В.** Исследование переходного процесса в цепи тока приводного электродвигателя при аварии турбокомпрессора.....45  
**Пугачёв Е.В., Иванов А.С., Нусратов П.Р., Иванов В.С.** Защита матричного преобразователя частоты в аварийных режимах.....49

### АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Алешин Н.Н., Алешин Д.Н., Колесников А.В.** Оценка технического состояния строительных конструкций общественного здания в городе Новокузнецке с учетом требований норм сейсмостойкого строительства.....53  
**Осипов Ю.К., Матехина О.В.** Малые архитектурные формы в пространстве городской среды.....61

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Иванов А.С., Мещерин А.Т., Мещерина Ю.А., Пугачёв Е.В.,  
Пугачёва Э.Е.** Разработка автоматизированных систем кон-  
троля и управления шахтных вентиляторных установок.....64

## ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

**Панова В.Ф., Панов С.А.** Отходы углеобогащения как сырье  
для получения строительных материалов.....71

**Ворон Л.В., Ланге Л.Р., Благоразумова А.М.** Проблемы  
очистки шахтных вод.....76

**Шмыглёва А.В.** Экологические последствия индустриального  
освоения Кузбасса.....80

**Семина И.С.** Рациональное использование литогенных ресур-  
сов в рекультивации с целью устойчивого функционирования  
техногенных ландшафтов Кузбасса.....84

**Черепанов К.А., Коротков С.Г.** Термозащита и энергосбережение  
на основе использования нанодисперсного связующего.....88

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

**Ефимов Н.А., Ерофеев С.С., Воронин В.Е.** О целесообразности  
строительства комплекса «Стан 5000 – трубоэлектросварочное  
производство» в Новокузнецке.....92

**Обрядин В.В., Мячин В.В., Семина И.С.** Оценка и иденти-  
фикация опасностей, рисков и процедура управления ими в усло-  
виях предприятий, эксплуатирующих опасные производствен-  
ные объекты.....96

## ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

**Лежава С.А.** Проблемы формирования ноксологической куль-  
туры при преподавании безопасности жизнедеятельности в  
условиях реформирования высшей школы.....100

## ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ, БИОГРАФИИ

**Щербина Г.С.** Новый англо-русский словарь горнякам.....103

**Рефераты**.....105

**К сведению авторов**.....116

Журнал зарегистрирован в Феде-  
ральной службе по надзору в сфере  
связи, информационных техноло-  
гий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:  
**ПИ № ФС77-52991** от 01.03.2013 г.

### Адрес редакции:

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова,  
42, Сибирский государственный  
индустриальный университет  
каб. 433 М

тел. 8-3843-74-86-28

http: [www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)

e-mail: [redjizvz@sibsiu.ru](mailto:redjizvz@sibsiu.ru)

### Адрес издателя:

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова,  
42, Сибирский государственный  
индустриальный университет  
каб. 336 Г

тел. 8-3843-46-35-02

e-mail: [rector@sibsiu.ru](mailto:rector@sibsiu.ru)

### Адрес типографии:

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова,  
42, Сибирский государственный  
индустриальный университет  
каб. 280Г

тел. 8-3843-46-44-02

### Подписные индексы:

Объединенный каталог «Пресса  
России» – 41270

Подписано в печать

30.06.2015 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 6,7.

Уч.-изд.л. 7,4.

Тираж 300 экз.

Заказ № 409.

Цена свободная.

Отпечатано в

Издательском центре

Сибирского государственного  
индустриального университета

*В.Н. Фрянов*

Сибирский государственный индустриальный университет

## СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ

Современное состояние технологии подземной угледобычи в России и за рубежом характеризуется ростом нагрузки на очистные забои и увеличением темпов проведения подготовительных выработок. В период 2000 – 2014 гг. в России произошло увеличение объема добычи угля подземным способом на 16 %, суточной нагрузки на комплексно-механизированный очистной забой (КМЗ) от 1324 до 4267 т, т.е. в 3,2 раза; производительность труда рабочего поднялась почти в два раза. На некоторых шахтах Кузбасса (ООО «Шахта Листвяжная», Филиал ОАО «Черниговец» – шахта «Южная», ОАО «СУЭК-Кузбасс») среднесуточная нагрузка на КМЗ составляет 9 – 10 тыс. т, т.е. в 2 – 3 выше средней по бассейну. Однако многие шахты работают с нагрузкой 0 – 5000 т в сутки. Основной причиной нестабильной работы КМЗ шахт Кузбасса по сравнению с показателями высокопроизводительных КМЗ отечественных и зарубежных шахт является недостаточная адаптивность современных российских и импортных технических средств и технологий к специфическим и изменяющимся горно-геологическим и горнотехническим условиям угольных месторождений.

К таким условиям, ограничивающим возможности высокопроизводительного оборудования и прогрессивных технологий подготовки и отработки шахтных полей, следует отнести изменения мощности и угла падения угольного пласта в пределах выемочного участка, мощности и прочностных свойств вмещающих угольный пласт пород; наличие пликативных и дизъюнктивных геологических нарушений; высокую газоносность угольных пластов; склонность угля к самовозгоранию; склонность угольных пластов к газодинамическим явлениям; наличие на вышележащих пластах опасных зон в виде очагов эндогенных пожаров и затопленного водой выработанного пространства, техногенные и природные землетрясения.

Указанные негативные факторы и недостаточный уровень адаптивности применяемых

технологий угледобычи к специфическим условиям шахт России привели к снижению престижности шахтерского труда и потока абитуриентов, поступающих в вузы горного направления, так как увеличились случаи групповых несчастных аварий из-за высокой природной метаноносности угольных пластов, отсутствия безопасных технологических схем отработки склонных и весьма склонных к самовозгоранию мощных угольных пластов. В настоящее время не создана системная методология прогноза параметров технологических, организационных, геомеханических, газодинамических процессов с учетом интегрального их влияния на эффективность и безопасность ведения горных работ.

Для исключения негативного влияния указанных факторов в рамках многофункциональной системы промышленной и экологической безопасности в Институте горного дела и геосистем (ИГДиГ) обоснованы концепция и принципы развития технологии угледобычи и программа научных исследований на ближайшие 16 – 20 лет по следующим направлениям: совершенствование существующей геотехнологии и создание автоматизированной шахты с элементами роботизации.

Глобальной целью программы исследований является разработка методологии проектирования, строительства и эксплуатации шахты нового уровня, эксплуатация которой позволит повысить экономическую эффективность и промышленную, экологическую и социальную безопасность угледобывающих регионов. Достижение этой цели возможно посредством создания и внедрения в угледобывающих регионах автоматизированных и роботизированных технологических систем шахт, в которых основные и вспомогательные операции выполняются многофункциональными или специализированными роботами и манипуляторами, управляемыми дистанционно человеком-оператором из безопасного для его жизни места, в том числе при полном отсутствии человека в шахте.

Для достижения указанной цели и создания системы управления процессами угольных шахт на кафедрах ИГДиГ проводятся комплексные исследования по схеме: выявление по результатам экспериментов закономерностей сложного взаимодействия геомеханических, газодинамических, термодинамических и организационных процессов с учетом природных условий геомассива, в том числе его сейсмичности → математическое моделирование и прогноз оптимальных параметров шахт с реализацией проектной документации на действующих предприятиях → непрерывный автоматизированный мониторинг технологических процессов, оборудования и состояния геомассива → математическое моделирование и корректировка проектной документации.

Реализация указанной схемы осуществляется по разработанным на кафедре геотехнологии

СибГИУ технологии непрерывного производственного эксперимента и экспериментально-численного метода прогноза параметров шахт с участием вуза, создателей средств автоматизированного мониторинга, проектной и экспертной организаций, угледобывающего предприятия.

Эффективность предложенной технологической схемы проведения производственного эксперимента доказана в условиях шахты «Алардинская» в Кузбассе при отработке опасного по горным ударам угольного пласта. Работа оценена на Международной выставке-ярмарке «Уголь России и Майнинг» в 2015 г. золотой медалью.

© 2015 г. В.Н. Фрянов  
Поступила 19 июня 2015 г.

УДК 622.232

***И.В. Машуков, В.В. Чаплыгин***

**Сибирский государственный индустриальный университет**

## **РАСЧЕТ СЕЙСМОБЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ С УЧЕТОМ СХЕМ ВЗРЫВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ИНИЦИИРОВАНИЯ**

Буровзрывной способ разрушения горных пород является наиболее эффективным и единственно возможным для разрушения крепких руд и пород. Эффективность взрывной подготовки полезного ископаемого и вмещающих пород к выемке определяет технико-экономические показатели буровзрывного комплекса, производительность и безопасность последующих процессов горного производства и в целом всего предприятия. Основным способом взрывоподготовки горной массы к выемке является производство массовых взрывов скважинных зарядов. Общая масса взрывчатых веществ (ВВ) на взрыв составляет 50 – 300 т, а в отдельных случаях достигает 700 т. Такой масштаб взрывных работ относится как к открытому способу отработки, так и к подземному [1, 2]. В последнее время при подземной разработке стали широко применяться концентрированные заряды в восстающих выработках с массой ВВ 20 – 30 т и в пучковых скважинных зарядах по 2 – 3 т в заряде [3, 4].

Сейсмические колебания являются одним из вредных проявлений массового взрыва. Во многих случаях поселки с жилыми домами и зданиями социального назначения находятся в непосредственной близости от горнодобывающих предприятий. В этом случае постоянно проводимые массовые взрывы оказывают многократное сейсмическое воздействие на охраняемые объекты. Это может привести к образованию трещин в элементах строительных конструкций и потере их несущей способности. Поэтому кроме расчета безопасных расстояний по сейсмическому воздействию в большинстве случаев требуется проведение инструментальных наблюдений за уровнем сейсмических колебаний [5 – 7], которые не должны превышать предельно допустимых значений.

Сейсмическая безопасность производства массовых взрывов на горнодобывающих предприятиях обеспечивается требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах [8], в проектной документации безопасные

расстояния по сейсмическому воздействию массовых взрывов рассчитывают по формулам главы VIII. В расчетах учитывают параметры заряжаемого блока, свойства грунтов в основании охраняемых объектов (зданий, сооружений и др.), состояние и значимость этих объектов.

При одновременном взрывании  $N$  зарядов взрывчатых веществ общей массой  $Q$  со временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс безопасное расстояние определяется по формуле

$$r_c = \frac{k_r k_c \alpha}{N^{1/4}} Q^{1/3}, \quad (1)$$

где  $r_c$  – безопасное расстояние от места взрыва до охраняемого здания, м;  $k_r$  – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания;  $k_c$  – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от условий взрывания;  $Q$  – масса заряда ВВ, кг.

При определении значений  $N$  и  $Q$  можно не учитывать заряды, масса которых меньше массы максимального заряда взрывающей группы в три раза и более.

Исследованиями сейсмического эффекта при ведении взрывных работ установлены параметры, влияющие на интенсивность сейсмических колебаний, к которым относят общую массу заряда ВВ во взрываемом блоке; количество ступеней замедления; массу ВВ, взрываемого в одной ступени замедления; величину линии наименьшего сопротивления; глубину заложения зарядов; конструкцию заряда; количество и площадь свободных поверхностей вокруг одиночного скважинного заряда; схему короткозамедленного взрывания (КЗВ); ориентацию взрывающего блока и рядов зарядов по отношению к охраняемому объекту; тип ВВ.

Применение короткозамедленного взрывания существенно снижает сейсмический эффект взрыва. Большое влияние на формирование и распространение сейсмозрывных волн оказывает наличие выработанного пространства или нарушенных зон между взрываемым блоком и охраняемыми объектами. Выработанное пространство (выемка карьера, разрезная траншея и др.) оказывает экранирующее действие на сейсмозрывные волны. Интенсивность их колебаний в два – три раза уменьшается по сравнению с прохождением волн через ненарушенный массив. Применение КЗВ позволяет внедрить в практику взрывных работ различные схемы инициирования: диагональные, порядные продольные, порядные поперечные, клиновые, волновые и др. Сни-

жение сейсмического воздействия на охраняемые объекты обеспечивается очередностью взрывания зарядов со стороны объекта.

В настоящее время на угольных разрезах применяется неэлектрическая система инициирования с использованием в скважинах устройств ИСКРА-С с замедлением 450 или 500 мс и в поверхностной взрывной сети устройств ИСКРА-П с замедлением 42 и 67 мс. Наиболее распространенной схемой монтажа взрывной сети на поверхности является выполнение магистральной линии из ИСКРА-П-42 вдоль блока по первому ряду от уступа и подсоединения к ней участковых линий из ИСКРА-П-67, проложенных по поперечным рядам. Такая схема монтажа является наиболее простой в выполнении и обеспечивает взрывание зарядов с замедлением взрывания каждого заряда по диагональным рядам. Во многих типовых проектах производства буровзрывных работ такая схема называется «диагональная схема взрывания с поскважинным замедлением» из предположения, что каждая скважина взрывается со своим временем замедления за счет установки поверхностных устройств с замедлением у каждой скважины.

Из предположения «поскважинного» замедления взрывания при расчете безопасных расстояний по сейсмическому воздействию в проектах массовых взрывов с «диагональной схемой взрывания с поскважинным замедлением» в формуле количество одновременно взрывающихся зарядов принимается равным количеству скважинных зарядов.

В качестве примера приведем расчет безопасного расстояния из проекта массового взрыва блока 131, проведенного 18.05.2010 г. на ООО «Разрез «Бунгурский-Северный». Общая масса ВВ на взрыв составила 41077 кг. Фактический удельный расход ВВ на отбойку по блоку составил 1,14 кг/м<sup>3</sup>. Скважины диам. 203 мм, глубиной 15 – 17 м расположены по сетке 5×6 м. Общее количество скважин в блоке 110 штук, общий объем бурения составляет 1671 м. В скважины устанавливали промежуточные детонаторы, изготовленные из шашек ПТ-П500 и ИСКРА-С-450. Скважины расположены в 15 рядов от одной до 10 скважин в ряду. В магистральной линии использовали ИСКРА-П-42, в участковых линиях – ИСКРА-П-67. Схема расположения и взрывания скважинных зарядов приведена на рисунке.

В расчете безопасного расстояния в проекте массового взрыва приняты следующие величины: количество одновременно взрывающихся зарядов принимается равным количеству

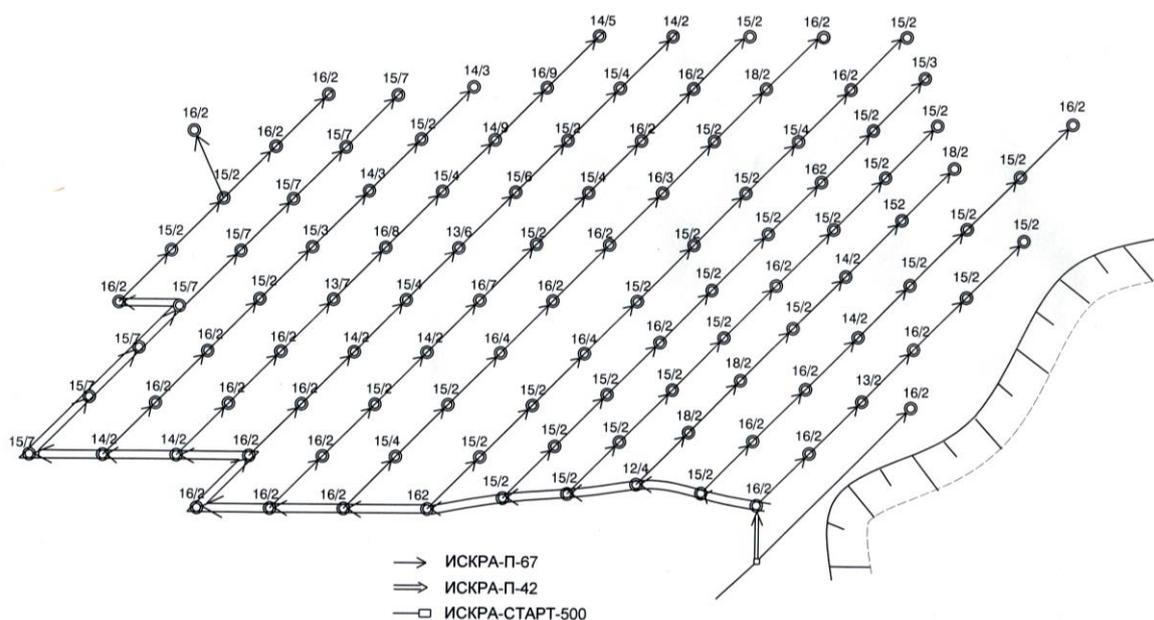


Схема монтажа взрывной сети блока 131 на ООО «Разрез «Бунгурский-Северный»

скважинных зарядов,  $N = 110$ ;  $Q = 41077$  кг;  $\alpha = 1$ ;  $k_c = 2$ ;  $k_r = 15$ ;  $k_1 = 2$ ;  $k_2 = 2$ . Рассчитанное безопасное расстояние по сейсмическому воздействию составило 1234 м.

В Единых правилах безопасности при ведении взрывных работ [8] одновременно взрывающимися зарядами считаются заряды или группы зарядов, время задержки между взрыванием которых составляет более 20 мс. Фактический интервал времени задержки между скважинными зарядами может составлять ноль (одновременное взрывание), 1, 2, 7, 8, 9, 16, 17, 25 и 42 мс, то есть в интервале 20 мс могут взрываться несколько скважинных зарядов.

Время задержки между взрыванием зарядов каждой скважины зависит от количества рядов и количества скважин в рядах, времени задержки в поверхностных средствах инициирования, их количества и схемы монтажа взрывной сети. Время задержки взрывания каждой скважины определяется суммой времени задержки на каждом устройстве ИСКРА-П при прохождении импульса по сети от начала инициирования схемы до каждой скважины.

Определить время подхода инициирующего импульса к скважине можно по табл. 1, в которой ячейки в столбцах соответствуют скважинам, соединенным в участковые линии, а ячейки верхней строки соответствуют скважинам магистральной линии (приведено фактическое время задержки взрывания скважинных зарядов – задержки подхода инициирующего импульса к скважине по поверхностной сети, которое определяется количеством поверх-

ностных устройств ИСКРА-П и временем задержки в устройстве; количество заполненных ячеек соответствует количеству скважинных зарядов).

Интервалы задержки между взрыванием зарядов составляют 0, 1, 7, 8, 9, 16, 17, 25 и 42 мс и определяются по табл. 2 (где приведено время задержки взрывания скважины по возрастанию). Количество скважинных зарядов, взрываемых в группе, составляет от 1 до 5. Количество одновременно взрываемых зарядов составляет 40. Так как при определении значений  $N$  и  $Q$  можно не учитывать заряды, масса которых в три раза и более меньше массы максимального заряда взрываемой группы, то можно исключить первые три скважинных заряда, взрываемых с задержкой 0, 42 и 84 мс, имеющих массу ВВ соответственно 401, 401 и 370,5 кг, что составляет 1172,5 кг. К расчету принимаются 37 групп, взрываемых одновременно. На основе проведенного анализа при расчете (по параметрам  $Q = 39904,5$  кг;  $N = 37$ ;  $\alpha = 1$ ;  $k_c = 2$ ;  $k_r = 15$ ;  $k_1 = 2$ ;  $k_2 = 2$ ) безопасное расстояние по сейсмическому воздействию составит 1654 м, что на 420 м (34 %) больше приведенных результатов расчета в проекте массового взрыва.

Приведенный анализ показывает, что при использовании неэлектрической системы инициирования в схеме монтажа взрывной сети при «поскважинном» задержании, когда перед каждой скважиной устанавливается поверхностное устройство инициирования, необходимо производить расчет фактического времени подхода инициирующего импульса. В противном случае использование в расчете без-

Таблица 1

## Время замедления взрывания скважин в поверхностной сети

Скважинные заряды в ряду	Время замедления, мс, по рядам скважинных зарядов														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	42	84	126	168	210	252	294	336	378	462	504	546		
2		109	151	193	235	277	319	361	403	420	529	571	588		
3		176	218	260	302	344	386	428	470	487	596	638	630	714	
4		243	285	327	369	411	453	495	537	554	663	705	672	781	
5		310	352	394	436	478	520	562	604	621	730	772	739	848	915
6		377	419	461	503	545	587	629	671	688	797	839	806	915	
7			486	528	570	612	654	696	738	755	864	906	873	982	
8			553		637	679	721	763	805	822	931	973	940		
9						746	788	830	872	889	998				
10							855	897	939	956					

Таблица 2

## Количество скважин, время замедления взрывания и количество групп

Очередность взрывания	Время замедления, мс	Интервал времени замедления, мс	Номер группы замедления	Очередность взрывания	Время замедления, мс	Интервал времени замедления, мс	Номер группы замедления	Очередность взрывания	Время замедления, мс	Интервал времени замедления, мс	Номер группы замедления	Очередность взрывания	Время замедления, мс	Интервал времени замедления, мс	Номер группы замедления
1	0	0	1	29	378	1	13	57	570	8		85	772	9	31
2	42	42	2	30	386	8		58	571	1		86	781	9	
3	84	42	3	31	394	8	17	59	587	16		87	788	7	
4	109	25		32	403	9		60	588	1		88	797	9	32
5	126	17	4	33	411	8		61	596	8		89	805	8	
6	151	25		34	419	8	18	62	604	8		90	806	1	
7	168	17	5	35	420	1		63	612	8		91	822	16	33
8	176	8		36	428	8		64	621	9		92	830	8	
9	193	17	6	37	436	8		65	629	8		93	839	9	
10	210	17		38	453	17	19	66	630	1		94	848	9	34
11	218	8	7	39	461	8		67	637	7		95	855	7	
12	235	17		40	462	1		68	638	1		96	864	9	
13	243	8		41	470	8	20	69	654	16		97	872	8	
14	252	9	8	42	478	8		70	663	9		98	873	1	35
15	260	8		43	486	8		71	671	8		99	889	16	
16	277	17	9	44	487	1		72	672	1		100	897	8	
17	285	8		45	495	8	21	73	679	7		101	906	9	36
18	294	9		46	503	8		74	688	9		102	915	9	
19	302	8	10	47	504	1		75	696	8		103	915	0	
20	310	8		48	520	16		76	705	9		104	931	16	37
21	319	9		49	528	8	22	77	714	9		105	939	8	
22	327	8	11	50	529	1		78	721	7		106	940	1	
23	336	9		51	537	8		79	730	9		107	956	16	38
24	344	8		52	545	8		80	738	8		108	973	17	
25	352	8	12	53	546	1		81	739	1		109	982	9	39
26	361	9		54	553	7		82	746	7		110	998	16	40
27	369	8		55	554	1		83	755	9					
28	377	8	13	56	562	8	23	84	763	8					

опасного расстояния по сейсмическому воздействию количества неодновременно взрывающихся зарядов, равному количеству скважинных зарядов, приведет к значительной ошибке, величина которой зависит от схемы взрывания и выбранных интервалов замедления и может составлять 35 %. В результате такого расчета охраняемые здания и сооружения могут попасть в зону, опасную по сейсмическому воздействию.

Для исключения подобных случаев необходимо производить расчет фактического времени замедления в поверхностной сети по каждой скважине с учетом схемы монтажа взрывной сети и определять количество неодновременно взрывающихся групп зарядов. Исходя из практики расчета, количество неодновременно взрывающихся групп зарядов в 1,5 – 3,0 раза меньше количества скважин в блоке.

**Выводы.** При проектировании массовых взрывов необходимо учитывать время замедления взрывания каждой скважины при расчете безопасного расстояния.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Еременко А.А., Филиппов П.А., Гайдин А.П., Машуков И.В. и др. Опыт проведения мощного массового взрыва в условиях высокого горного давления на Шерегешевском месторождении // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 1. С. 92 – 94.
2. Еременко А.А., Филиппов В.Н., Куликов В.И., Машуков И.В. и др. Сейсмическое действие технологических взрывов на удароопасных месторождениях // Вестник РАЕН. Западно-Сибирское отделение. 2005. Вып. 7. С. 148 – 158.
3. Пат. РФ 2134402. Способ взрывной отбойки массива горных пород / Машуков И.В., Покровский Б.В., Карапетян Ю.М. // Бюл. 2000. № 15.
4. Викторов С.Д., Еременко А.А., Закалинский В.М., Машуков И.В. Технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудных месторождениях Сибири. – Новосибирск: Наука, 2005. – 212 с.
5. Доманов В.П., Машуков И.В. Мониторинг сейсмического воздействия на охраняемые объекты при производстве массовых взрывов, проводимых на разрезах Кузбасса // Вестник научного центра по безопасности в угольной промышленности ВостНИИ. 2013. № 1-1. С. 60 – 64.
6. Машуков И.В., Доманов В.П., Серг А.Г., Егоров Д.А. Расчет безопасных расстояний по сейсмическому воздействию массовых взрывов на здания и сооружения с учетом схемы взрывания скважинных зарядов // Вестник научного центра по безопасности в угольной промышленности ВостНИИ. 2013. № 1-2. С. 16 – 21.
7. Машуков И.В. Регистрация сейсмических колебаний от подземных массовых взрывов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 4. С. 216 – 221.
8. Единые правила безопасности при взрывных работах (ПБ 13-407-01): утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 30.01.01 г. № 3.

© 2015 г. И.В. Машуков, В.В. Чаплыгин  
Поступила 8 апреля 2015 г.

**В.В. Чаплыгин, Е.Д. Николаев**

Сибирский государственный индустриальный университет

## ПРАКТИЧНАЯ ТЕОРИЯ ОЧИСТКИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

В различных отраслях мировой промышленности для перемещения массовых сыпучих грузов, материалов, пород используются миллионы конвейерных установок, в том числе ленточных конвейеров. Дисперсные разности транспортируемых пород интенсивно налипают на ленты, а при взаимодействии холостой (нижней) ветви ленты с поддерживающими роликами эти разности опадают на пол и постепенно заштыбовывают все подконвейерное пространство. Это приводит к полному отказу конвейера в работе. Постоянная ручная уборка штыба из-под конвейера – это весьма тяжелая, трудоемкая и травмоопасная работа.

Для профилактики заштыбовки конвейеров и ее последствий ленты после огибания разгрузочного барабана очищают конструктивно простейшими устройствами – скребками. Однако практика повсеместно показывала низкую эффективность их применения. Поэтому во многих промышленно развитых странах мира длительное время проводятся исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию более надежных и эффективных устройств для очистки лент.

Группой российских специалистов в период с 1970 г. и по настоящее время проведен ряд теоретических, экспериментальных и опытно-конструкторских работ по созданию нового эффективного очистного устройства, основные результаты которых опубликованы в статье [1].

Ключевым итогом исследований явилось создание новой теории очистки конвейерных лент, включающих три базовых положения.

1. Все известные и возможные в будущем технические средства очистки лент действуют по принципу сдвига или отрыва налипающего слоя от ленты. На основе этих существенных принципов в работе [2] предложена дедуктивная классификация очистителей лент, схематично изображенная на рис. 1.

2. Техничко-экономическим сравнением объективных возможностей принципов и средств очистки, приведенных в новой классификации, установлено, что на современном этапе развития техники и технологий наиболее целесообразна очистка лент твердоэлементным устройством секционного типа

при рациональной регламентированной геометрии очистных элементов и их размещении в два отдельных ряда с обеспечением эффективного отвода и удаления счищаемой породы из-под устройства.

3. Счищаемые дисперсные разности пород в текучепластичном состоянии подобны известным средам Шведова-Бингама-Воларовича, поведение которых в процессе очистки подчиняется закономерностям гидродинамической теории смазки. Эти закономерности привели к аналитическому описанию процесса очистки с получением уравнения для степени очистки твердым элементом.

Процесс очистки ленты твердым элементом достаточно полно отражается плоской расчетной схемой (рис. 2). Для достижения высокой степени очистки необходимо и достаточно соотношение действующих на элемент сил:

$$P_3 \geq P_\beta + P_h + P_T, \quad (1)$$

где  $P_3$  – сила поджатия элемента и ленты, Н;  $P_\beta$  – сила, обусловленная давлением и перемещением потока породы  $i_c$  по встречной плоскости элемента, Н;  $P_h$  – сила, обусловленная расклинивающим давлением потока породы  $i_n$  в зазоре между элементом и лентой, Н;  $P_T$  – сила тяжести элемента с учетом его брутто-массы с налипшей породой, Н.

Правая часть соотношения (1) представлена суммой сил, отжимающих элемент от ленты. Из условия равновесия сил, действующих на элемент по очищаемой плоскости ленты с учетом сил истинного трения по закону Б.В. Дерягина [3], получено

$$P_\beta = \pm \frac{P_v \mp \mu_0 P_0 \cos \beta}{\mu_0 \pm \tan \beta} + \frac{P_v + P_0 \sin \beta}{\sin \beta \pm \mu_0 \cos \beta} \mu_0 \sin \beta, \quad (2)$$

где  $P_v$  – скоростной напор породы на элемент, Н;  $\mu_0$  – коэффициент истинного трения породы по элементу;  $P_0$  – сила прилипания породы к элементу, Н;  $\beta$  – угол встречи передней плоскости элемента с очищаемой плоскостью ленты с областью определения значений  $0 \leq \beta \leq 180^\circ$ .

В потенциально клиновидном зазоре между лентой и элементом проникающий слой поро-

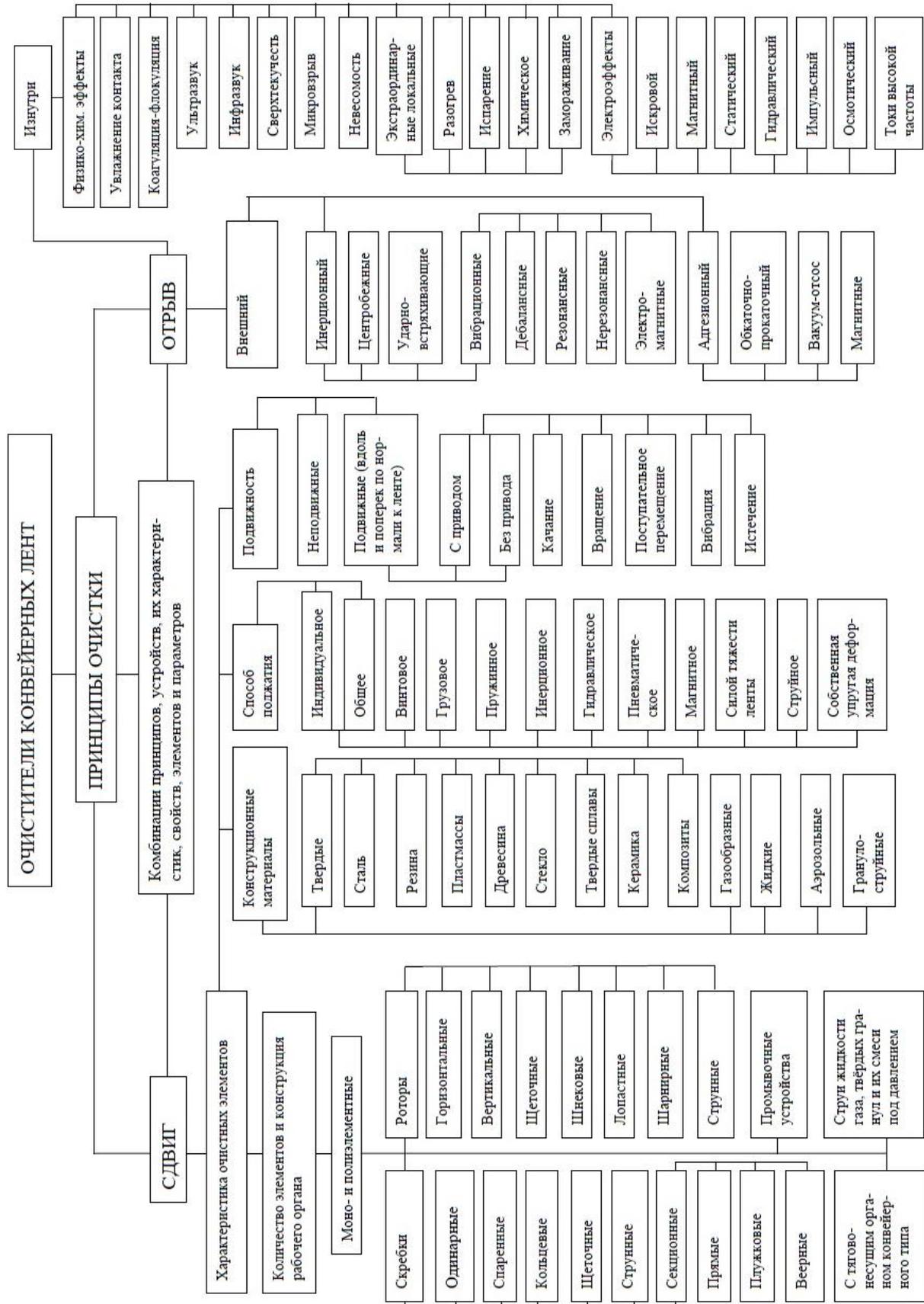


Рис. 1. Классификация очистителей конвейерных лент

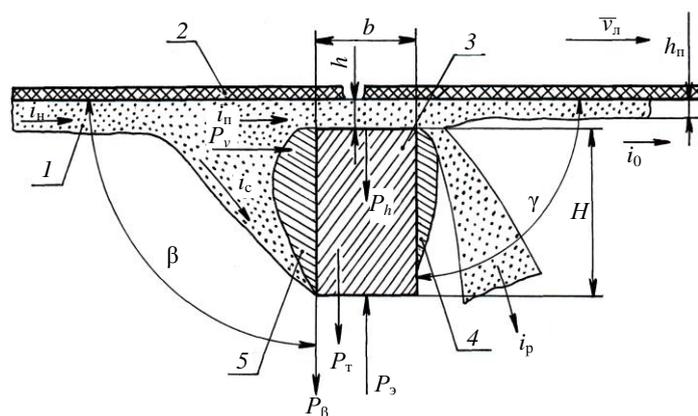


Рис. 2. Расчетная схема процесса очистки ленты твердым элементом:

1 – налипающая порода; 2 – очищаемая поверхность ленты; 3 – твердый очистной элемент; 4 – отложения; 5 – тело уплотнения;  $i$  – потоки породы, в том числе:  $i_n$  – исходной налипающей;  $i_c$  – счищаемой,  $i_n$  – проникающей,  $i_p$  – рассеяния,  $i_o$  – остаточный;  $h$  – зазор между лентой и элементом;  $h_n$  – толщина остаточного слоя;  $b$  – толщина элемента;  $H$  – высота элемента;  $\gamma$  – задний угол;  $\beta$  – угол встречи (передний);  $v_n$  – вектор скорости движения ленты;  $P$  – силы, действующие на элемент

ды  $i_n$  развивает расклинивающее давление, которое описывается хорошо известным обобщенным уравнением О. Рейнольдса. Решение этого дифференциального уравнения для частного случая очистки ленты имеет вид

$$P_h = \lambda \mu v \frac{b^2}{h_n^2}, \quad (3)$$

где  $h_n$  – толщина проникающего (остаточного) слоя породы, м;  $b$  – ширина контакта элемента с лентой, м;  $\lambda < 0,16$  – безразмерный коэффициент клинообразности зазора между лентой и элементом;  $\mu$  – динамическая вязкость счищаемой дисперсной породы, Па·с;  $v$  – скорость сдвига, м/с;  $P_h$  – расклинивающее давление породы между лентой и элементом, Н/м.

Максимальное значение коэффициента  $\lambda = 0,16$  наблюдается при соотношении граничных сечений клина  $h_m = 2,2h_o$ . При реальном соотношении  $h_m \rightarrow h_o$  значение  $\lambda$  на несколько порядков ниже приведенного максимума.

Расчетная степень очистки ленты адекватно выражается толщиной проникающего, остаточного на ленте слоя породы, поэтому из формулы (3) следует, что

$$h_n = b \sqrt{\frac{\lambda \mu v}{P_h}}, \quad (4)$$

где  $P_h = P_3 - (P_\beta + P_T)$  из соотношения (1).

Формула (4) представляет собой уравнение для степени очистки ленты твердым элементом от налипающих пород. Как показали последующие эксперименты, это уравнение со-

вершенно справедливо по меньшей мере для таких условий:  $H < 30$  мм,  $\beta \geq 105^\circ$  при относительной степени очистки  $\eta > 80\%$ .

Исследования процесса очистки ленты твердым элементом выполнены на специальной экспериментальной установке (рис. 3), краткая техническая характеристика которой содержит следующие данные.

Номинальное расстояние между осями барабанов 1000 мм; наружный диаметр барабанов 217 мм; конвейерная лента соответствует типу Л2-200-5Б-820-3-1 по ГОСТ 20-62 толщиной 12 мм. Привод конвейера – от электродвигателя постоянного тока типа П42, напряжение 127 В, мощность 3,8 кВт, частота вращения 3000 об/мин через клиноременную передачу с числом  $i = 2$ . Пределы тиристорного плавного регулирования скорости движения ленты составляют  $0 \div 10$  м/с; способ торможения ленты – экстренный, электродинамический.

Стабилизация скорости движения ленты под нагрузкой – с помощью тахогенератора типа УПДС. Габариты установки 1450×1050 ÷ 960 мм; масса установки 242 кг.

В исследованиях использованы шесть конструктивных разновидностей очистных элементов (рис. 4). К наблюдениям привлекались четыре типа связных пород: мел и мергель Стойленского месторождения, келловей-оксфордская серо-зеленая глина Михайловского месторождения и чистый каолин с Прокопьевского фарфорового завода. Методика исследований подробно изложена в работе [4].

В совокупности исследовано аддитивное влияние на степень очистки ленты следующих параметров:

– скорость сдвига  $v$  при значениях 0,4; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 м/с;

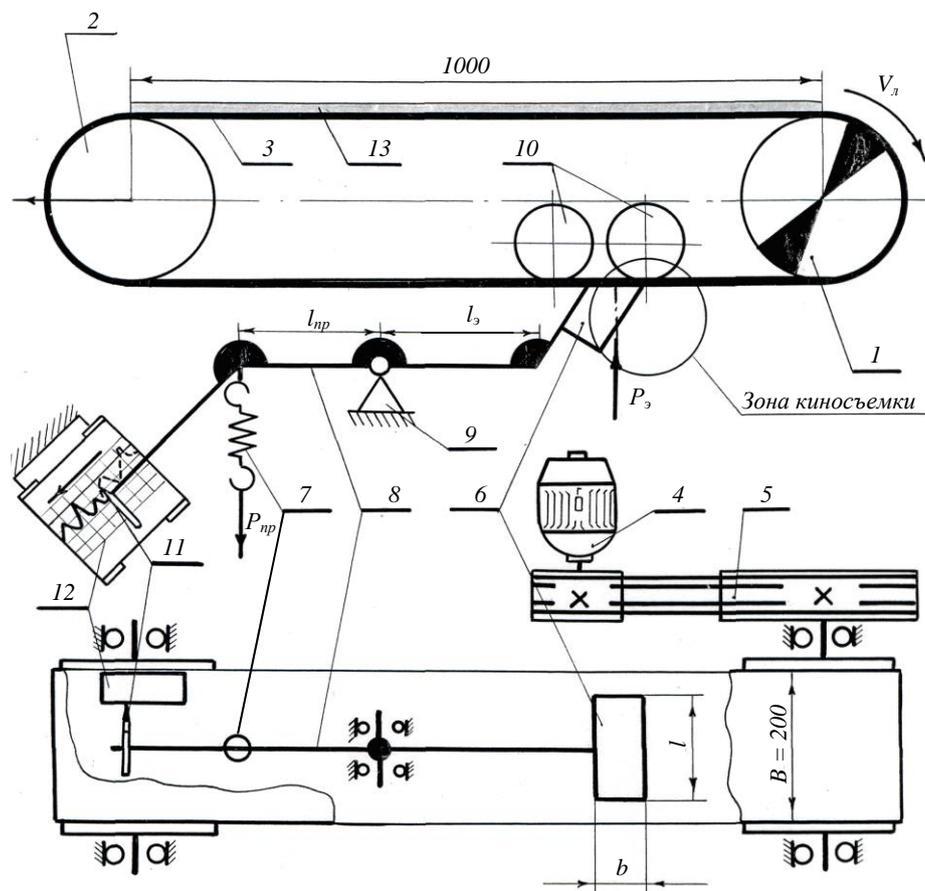


Рис. 3. Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования процесса очистки ленты твердым элементом:

1 – приводной барабан; 2 – натяжной барабан; 3 – конвейерная лента; 4 – электродвигатель; 5 – клиноременная передача; 6 – очистный элемент; 7 – пружина растяжения; 8 – двулучий рычаг; 9 – опора рычага; 10 – упорные ролики; 11 – перо; 12 – мультипликатор; 13 – слой породы в исходном положении

- давление элемента  $P_3$  в диапазоне 1 – 22 Н/см<sup>2</sup>;
- угол встречи  $\beta$  в диапазоне 45 – 120° через 15°;
- угол  $\alpha$  установки элемента в плане при значениях 0, 15, 30, 45 и 60°;
- влажность  $W$  пород в диапазоне 30 – 60 % с интервалом 5 – 10 %;
- липкость  $P_0$  пород в диапазоне 1 – 8 Н/см<sup>2</sup>;
- истинный коэффициент трения породы по встречной плоскости элемента  $\mu_0$  в диапазоне 0,1 – 0,9;
- динамическая вязкость  $\mu$  пород в диапазоне 60 – 4 · 10<sup>4</sup> Па · с;
- толщина  $b$  и высота  $H$  элемента со значениями 5, 20, 50, 60 мм.

Наблюдался отвод счищаемой породы с пересечением несущего рычага и минуя его. Область наблюдений ограничивалась преимущественно относительной степенью очистки  $\eta > 80$  %. Эксперименты показали, что общие закономерности процессов очистки идентичны для всех разновидностей очистных элементов и типов пород, привлеченных к изучению. Механическая запись колебаний элемента указы-

вает на циклический характер воздействия расклинивающих сил.

Скоростной киносъемкой процессов очистки с применением камеры типа СКС-1М со скоростью съемки 1000 кадров в секунду получены качественные и количественные оценки деформации счищаемого слоя при взаимодействии со встречной плоскостью элемента. Съёмки показали, что трение и динамическая вязкость пород весьма существенно влияют на энергоёмкость и стабильность процессов очистки.

В результате исследований получены полигоны графиков зависимостей относительной степени очистки от параметров  $v$ ,  $P_3$ ,  $\beta$ . Типичные графики для мергеля влажностью 32 % показаны на рис. 5, 6.

Обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований процесса очистки ленты твердым элементом позволило установить ряд технических требований, неукоснительных в соблюдении при разработке рациональной конструкции твердоэлементного очистителя.

1. С учетом реальной неравномерности прочности прилипания пород к ленте по ее

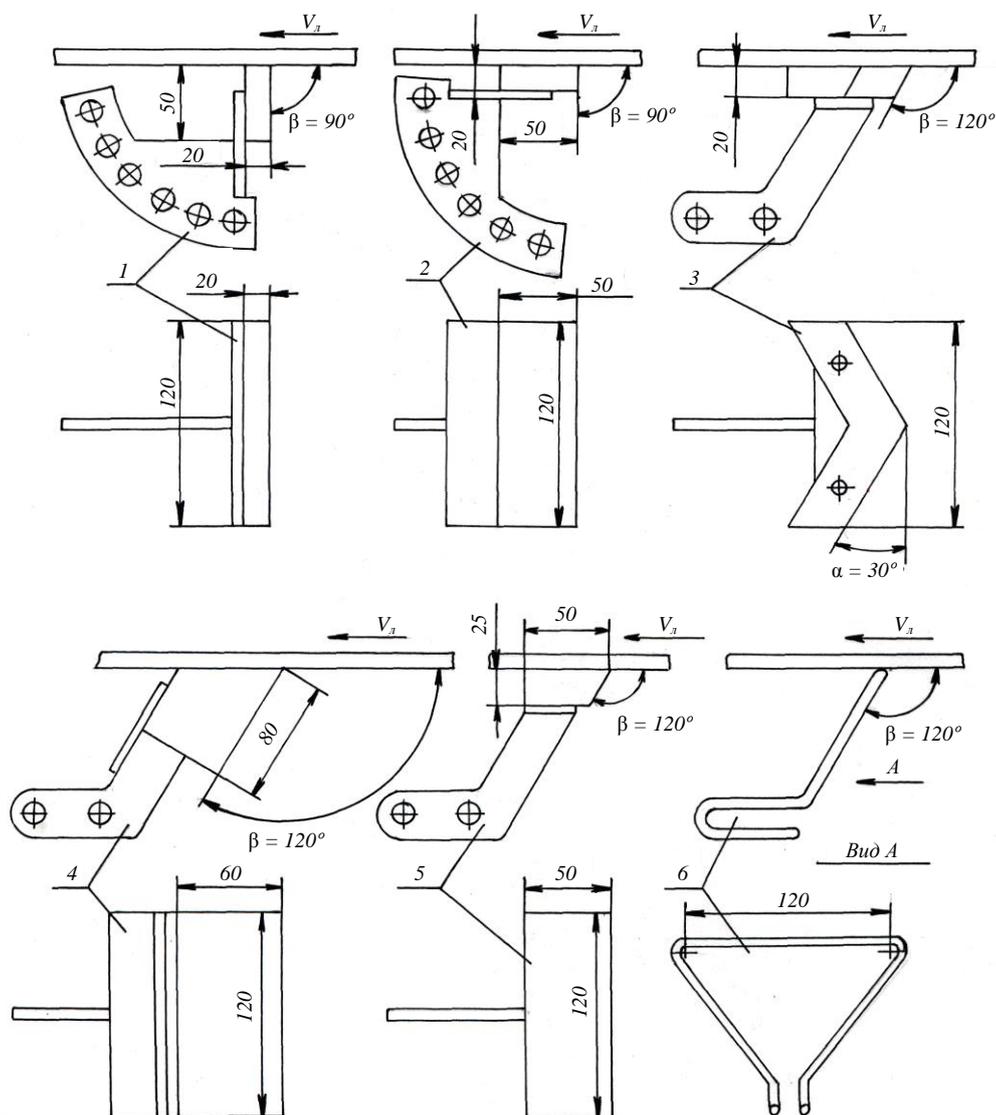


Рис. 4. Экспериментальные очистные элементы:  
 1 – с переменным углом  $\beta$ ; 2 –  $H=20$  мм;  $\beta = 90^\circ$ ; 3 – с переменным углом  $\alpha$ ; 4 – резина «Тип-Топ»;  
 5 – супрален; 6 – струна

ширине (максимальной в середине и асимптотически убывающей к бортам) и столь же неравномерного абразивного износа очистного элемента конструкция устройства должна быть секционной с размещением секций в два отдельных ряда. При этом резцы секций размещаются в плане по очищаемой плоскости ленты в шахматном порядке под углом  $\alpha=0^\circ$ .

2. Каждый очистной элемент должен быть индивидуально подпружинен с мягкой упругой деформацией для компенсации нормативного износа резца.

3. Для профилактики заштыбровки устройства должно быть исключено непосредственное пересечение отводимых с каждого резца потоков счищаемой породы с опорными элементами конструкции очистителя. Необходимо также гидрофобное антиналипающее исполнение элементов конструкции очистителя,

подлежащих торкретирующему воздействию налипающих частиц породы.

4. Для изготовления очистных резцов следует использовать износостойкие и антифрикционные конструкционные материалы. Рекомендуемые параметры резца: длина 150 и 200 мм, ширина контактной плоскости 20 – 30 мм, толщина  $\leq 30$  мм, угол встречи в профиле  $\geq 105^\circ$ , угол установки очистного ребра в плане  $0^\circ$ .

5. Очистной элемент должен иметь индустриальную для массового серийного производства конструкцию, унифицированную для известного типоразмерного ряда конвейерных лент по их ширине.

6. Очистное устройство в целом снабжается средствами регулирования для наладки установочного рабочего положения резцов, а также их давления на ленту.

С учетом изложенных выше требований была разработана и изготовлена в металле

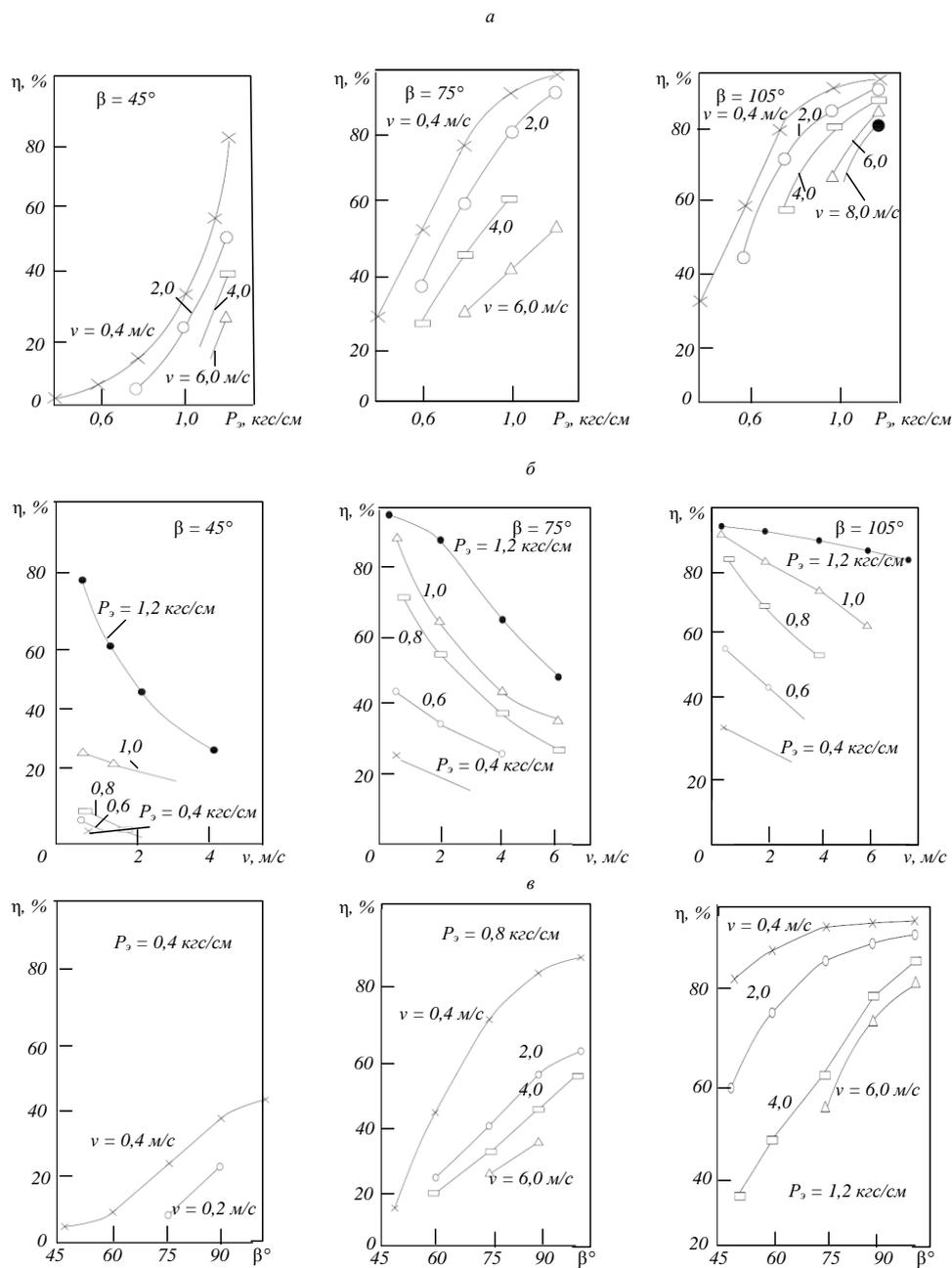


Рис. 5. Зависимость степени очистки ленты при  $b \times H = 20 \times 40$  мм от давления элемента (а), скорости сдвига (б) и от угла встречи (в)

первая пробная модификация нового очистного устройства типа «Промтранс» (изделие для промышленного транспорта). Отличительные особенности этой модификации состояли в следующем: очистной элемент рамообразной конструкции подпружинен кольцевыми пружинами; резец длиной 120 мм вплотную прижимается к боковинам рамки; резец изготовлен из стали 3 с очистным ребром, оснащенным твердыми сплавами марок Т15К6 и Т5К10 на латунной пайке; радиальная подвижность элемента на оси в условиях сухого трения обеспечена в режиме микроперекатывания опорных колец рамки на оси; сечение тела резца  $20 \times 20$  мм, сечение

твердого сплава  $5 \times 5$  мм, высота встречной плоскости 5 мм, угол встречи  $105^\circ$ .

Производственные испытания первого опытного образца проведены на конвейере угледоготовительного цеха одного из предприятий. Условия и результаты испытаний характеризуются следующими данными:

- режим работы конвейера 20 ч/сут;
- ширина ленты 1200 мм;
- скорость движения ленты 1,8 м/с;

– состояние очищаемой поверхности ленты: малошероховатая, единичные повреждения обкладки, стыки клеевые, временные ремонтные заплатки на заклепках;

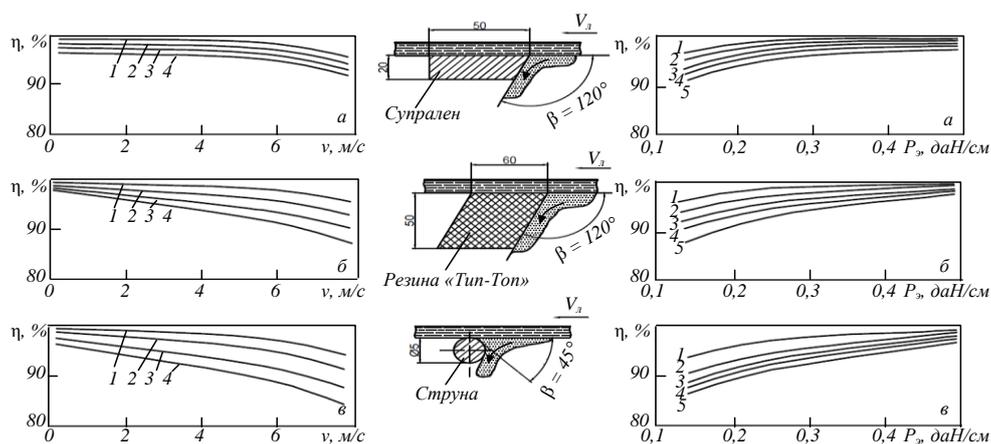


Рис. 6. Зависимость степени очистки ленты от скорости сдвига и давления элемента для мергеля влажностью 32 % и трех видов элемента: слева на графиках при давлениях: а – 1 – 0,8; 2 – 0,6; 3 – 0,4; 4 – 0,2; б – 1 – 2,2; 2 – 1,8; 3 – 1,4; 4 – 1,0; в – 1 – 0,5; 2 – 0,4; 3 – 0,3; 4 – 0,2 кгс/см²; на графиках справа при скоростях сдвига: 1 – 0,4; 2 – 2,0; 3 – 4,0; 4 – 6,0; 5 – 8,0 м/с

– транспортируемый материал – газовый уголь зольностью до 7 %, насыпной плотностью 0,7 т/м<sup>3</sup>, влажностью до 14 %, липкость умеренная, образивность малая;

– стальные резцы оснащены по встречному ребру твердыми сплавами марок Т15К6, Т5К10, ВК-8 на латунной пайке и марки КНТ-16 с механическим креплением, сечение сплавов 5×5 мм;

– относительная степень очистки стабильная – 99 %;

– нарушения в работе устройства – отмечено одно повреждение (ударом заклепки выбита одна пластина сплава Т5К10);

– за время контрольной эксплуатации никаких ремонтных и наладочных работ на очистном устройстве не производилось.

Высокая эффективность действия нового очистителя подтверждена снижением продолжительности ручной уборки угольной просыпи из-под ковеера в 16 раз.

Общий вид второго ряда очистных элементов устройства показан на рис. 7.

Для условий очистки, связанных с высокой скоростью движения ленты (>3 м/с) и агрессивной липкостью глинистых пород разработана усовершенствованная конструкция устройства (рис. 8). Опытный образец типового ряда очистных элементов показан на рис. 9. Схема установки очистных элементов под разгрузочным барабаном конвейера приведена на рис. 10.

В базовом варианте устройства применены резцы длиной 150 мм. Боковины элемента отодвинуты от торцов резца на 15 мм. Для реализации поджатия применены спиральные пружины комбинированного радиального и аксиального действия. Серийная модификация выполнена с элементом новизны по патенту РФ № 1654166 [5].

Общий вид ряда элементов серийной модификации на производственных испытаниях



Рис. 7. Второй ряд очистных элементов устройства «Промтранс» в производственных испытаниях



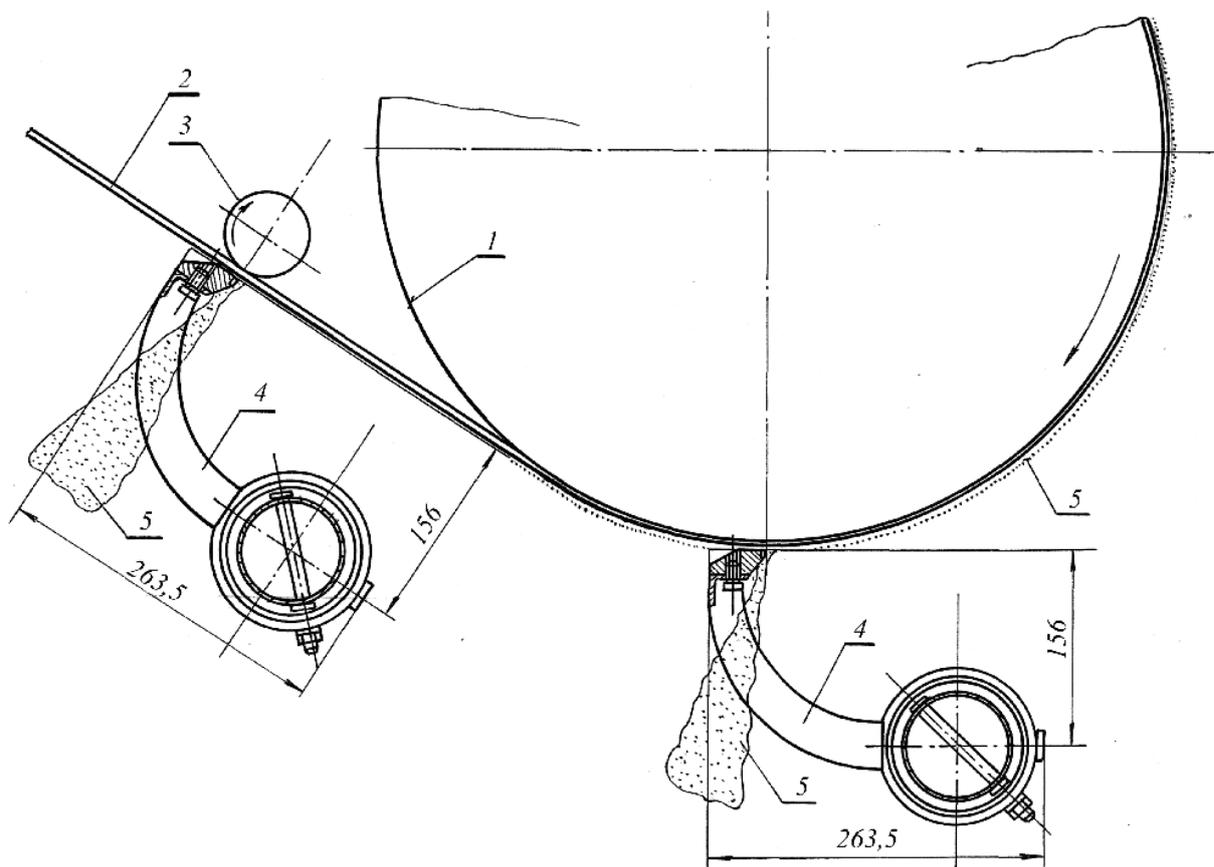


Рис. 10. Схема установки очистных элементов под разгрузочным барабаном конвейера:  
1 – барабан; 2 – лента конвейера; 3 – подпорный ролик; 4 – очистные элементы; 5 – счищаемая порода

$P_3 < 0,03$  МПа, шаг расстановки на оси 270 мм, габариты 265×200×220 мм, масса 2,8 кг.

Для сильно изношенных или механически состыкованных лент очиститель комплектуется резцами (башмаками) из абразивностойких и гидрофобных поли- и эластомеров.

Коэффициент готовности очистителя близок к единице. Нарботка на отказ составляет 0,5 – 3,0 года при непрерывном режиме работы со средней степенью очистки 98 – 99 % при скоростях движения лент до 5 м/с.



Рис. 11. Один ряд очистных элементов на производственных испытаниях устройства ОФ № 3 АК Алроса

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Николаев Е.Д., Костерин Л.С., Дмитриев В.П. Теоретические, экспериментальные и практические исследования очистки конвейерных лент // Горный журнал. 2000. № 4. С. 45 – 49.
2. Николаев Е.Д. Создание эффективного очистителя конвейерных лент от налипающих пород. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 1991. – 17 с.
3. Дерягин Б.В. Что такое трение? 2-е изд. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 230 с.
4. А.С. № 1654166 СССР. Устройство для очистки ленты конвейера / Николаев Е.Д., Карпов С.П. // Бюллетень изобретений. 1991. № 21.
5. Тарасов Ю.Д. Повышение эффективности эксплуатации ленточных конвейеров на основе комплексного использования средств очистки ленты и подконвейерного пространства: Автореф. дис. докт. техн. наук. – М., 1988. – 29 с.
6. Исследование технико-экономической эффективности очистки конвейерных лент гидравлическим и пневматическим способами: Отчет о НИР / СОПромтранспроекта; Рук. Е.Д. Николаев. – 36/22-72; № Гр 72019757; инв. № Б 263593. – Новокузнецк. 1973. – 74 с.
7. Vierling A., Oehmen H. Reinigungsvorrichtungen für Förderbandanlagen und deren Zweckmäßigkeit // Braunkohle, Wärme und Energie. 1967. В. 19. Н. 1. S. 1 – 3.
8. Vierling A., Oehmen H. Experimentelle Untersuchungen zum Absteivorgang bei Gurtreinigung von Förderbandanlagen. // Braunkohle, Wärme und Energie. 1968. В. 20. Н. 3. S. 73 – 79.
9. Николаев Е.Д., Епифанцев Ю.А. Исследование процесса механической очистки конвейерной ленты от налипающих пород // Научные исследования в области развития и совершенствования непрерывного транспорта в промышленном строительстве: Сб. науч. тр. Промтранспроекта. – М.: Стройиздат, 1981. С. 37 – 55.
10. Хайрулин Т.Х. Исследование процесса очистки рабочего полотна конвейеров при низких эксплуатационных температурах: Автореф. дис. канд. техн. наук. Караганда, 1978. – 24 с.

© 2015 г. В.В. Чаплыгин, Е.Д. Николаев  
Поступила 20 марта 2015 г.

УДК 551.734:564.7(571.1)

*О.П. Мезенцева<sup>1</sup>, Ю.В. Удодов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Сибирский государственный индустриальный университет

<sup>2</sup>Новокузнецкий филиал Кемеровского государственного университета

**ЛОХКОВ-ПРАЖСКИЕ МШАНКИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ  
СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ**

На северо-восточном склоне Салаира лохов-пражские мшанки были изучены в районе г. Гурьевска. В Толсточи́хинском карьере в верхней известняковой пачке томьчумышской свиты мшанки, впервые обнаруженные Е.А. Елкиным, представлены *Lioclema netshlavense* Astr. (определение Г.Г. Астровой). Вид *Lioclema netshlavense* Astr. распространен в верхней части борщовского горизонта лоховского яруса Подолии [1] и в разновозрастных отложениях Северо-Восточного Прибалхашья [2]. Позднее в Толсточи́хинском карьере в верхней

известняковой пачке томьчумышской свиты найдена *Cyphotrypa variabile* Mesent. [3], а в Старогурьевском карьере в глинистых известняках крековского горизонта – единичные колонии *Anomalotoechus* sp. плохой сохранности. Таким образом, в стратотипических разрезах лоховского яруса Северо-Восточного Салаира [4] мшанки представлены *Lioclema netshlavense* Astr., *Cyphotrypa variabile* Mesent., *Anomalotoechus* sp. В сухой свите и отложениях петцевского горизонта лоховского яруса, а также

малобачатского горизонта пражского яруса мшанки не обнаружены.

В Горном Алтае лохков-пражские мшанки встречаются в разрезах Северо-Алтайской фациальной зоны (окрестности сел Сибирячиха, Камышенское, Боровушка и Курья). В северной части Сибирячихинской синклинали (вершина лога Хомичева) в отложениях, коррелируемых по фауне кораллов с ремневским горизонтом, А.М. Ярошинская [5] обнаружила *Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler. Этот вид впервые обнаружен в слоях Кайзер (пржидольский – основание лохковского яруса) Северной Америки. Кроме того, *Lioclema subramosum* известна в большеверском горизонте Приамурья [6, 7], возраст которого датируется поздним лохковым – ранним эмсом [8].

Авторами в 1999 г. во время обзорной экскурсии по разрезам девона, проводимой Институтом нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, из отложений лохковского и пражского ярусов были собраны мшанки (р. Боровушка, окрестности села Камышенского). В правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки в карбонатном прослое среди алевролитов, перекрывающих темно-серые коралловые «боровушкинские» известняки, обнаружен комплекс разнообразных мшанок (*Lioclema trematoporoides* Astr., *Atactotoechus simplex* L. Nekh., *Petaloporella altaica* Mesent. sp. nov., *Orthopora limata* Astr., *Minussina* sp., *Leptotrypella* sp., *Petalloporella* sp.). Вид *Orthopora limata* Astr. описан из верхней части борщовского горизонта Подолии и Южной Молдавии, а *Lioclema trematoporoides* Astr. – из низов чортковского горизонта лохковского яруса Южной Молдавии [1]. Вид *Atactotoechus simplex* L. Nekh. впервые обнаружен в толбатских слоях усть-гарейского горизонта лохковского яруса Центрального Таймыра [9]. Результаты изучения мшанок указывают на лохковский возраст вмещающих отложений (средняя и верхняя части лохкова). В стратотипе ремневской свиты мшанки не найдены.

Таким образом, ремневский комплекс мшанок Горного Алтая включает *Lioclema subramosum* Ul. et B., *Lioclema trematoporoides* Astr., *Atactotoechus simplex* L. Nekh., *Petaloporella altaica* Mesent. sp. nov., *Orthopora limata* Astr., *Minussina* sp., *Leptotrypella* sp., *Petalloporella* sp.

В кораллово-строматопоровых известняках якушинской свиты, вскрытых канавой у геодезического знака западнее горы Колпак в окрестностях села Камышенского, была найдена *Minussina* sp. В известняках по правому борту долины рч. Локтевки, расположен-

ных напротив села Курья и относимых по данным Р.Т. Грациановой к пражскому ярусу [10], авторами собрана обширная коллекция *Lioclema subramosum* Ul. et B. и единичные колонии *Eridotrypa* sp. Сборы были проведены во время объединенной полевой сессии по проектам 410/421 международной программы геологической корреляции Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН.

В Рудном Алтае в лохков-пражских отложениях (корбалихинская свита) мшанки не обнаружены.

Ниже приводятся описания некоторых изученных видов мшанок.

### СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Тип Bryozoa Ehrenberg, 1831

Класс Stenolaemata Borg, 1926

Отряд Trepostomida Ulrich, 1882

Семейство **Heterotrypidae Ulrich, 1890**

Род *Lioclema* Ulrich, 1882

*Lioclema trematoporoides* Astrova, 1954

Рис. 1

1954 *Lioclema trematoporoides*: Астрова, с. 206, табл. III, фиг. 1, 2; рис. 3а и б.

Г о л о т и п. Экз. № 22/11 МГПИ им. Ленина; Южная Молдавия; нижний девон, низы чортковского горизонта.

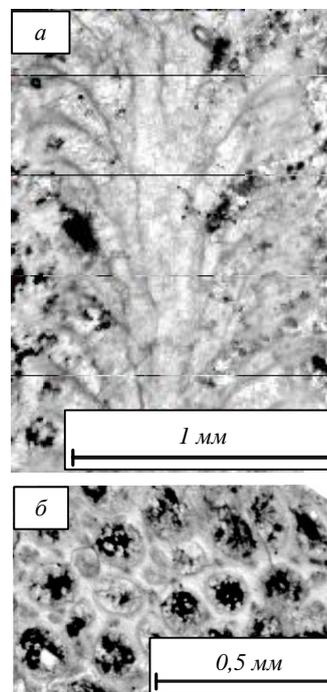


Рис. 1. *Lioclema trematoporoides* Astrova, 1954: экз. СибГИУ, № 15/1 (Горный Алтай, правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки; нижний девон, лохковский ярус, ремневский горизонт):

а – продольное сечение колонии; б – тангенциальное сечение колонии

**О п и с а н и е.** Колонии ветвистые диаметром 1,3 – 2,2 мм. Ширина экзозоны 0,28 – 0,42 мм, диаметр эндозоны 0,28 – 0,35 мм. Пятна отсутствуют. Устья зооциев овальные, округлые, петалоидные, диаметром 0,13 – 0,20 мм; на 2 мм насчитывается 9 – 10 устьев зооциев. Стенки зооциев в эндозоне тонкие, изогнутые, волнистые; в экзозоне утолщаются до 0,02 – 0,03 мм; толщина стенок с акантозооeciями достигает 0,06 мм. Диафрагмы развиты в верхах эндо-зоны и в экзозоне по 1 – 2, реже три в зооeciи на расстоянии 0,06 – 0,24 мм; в осевой части эндозоны отсутствуют. Устья мезозооeciев округленно-многоугольные, овальные, круглые, диаметром 0,03 – 0,08 мм, частично зарастают известковыми отложениями. Диафрагмы в мезозооeciях утолщенные, развиты на расстоянии 0,06 – 0,14 мм и слегка пережимают их полость. Мезозооeciи почкуются в начале экзозоны, располагаясь по 3 – 5 вокруг зооциев. Акантозооeciи диаметром 0,03 – 0,05 мм развиты по 4 – 5 вокруг устьев зооциев, нередко сильно вдаваясь в них.

**С р а в н е н и е.** От *Lioclema multiacanthoporum* Astrova [11] из нижнего эмса Горного Алтая данный вид отличается отсутствием диафрагм в осевой части эндозоны (у *L. multiacanthoporum* диафрагмы развиты по всей колонии), меньшим количеством мезозооeciев, только изредка изолирующих зооeciи, а также акантозооeciев (4 – 5 до 8 у *L. multiacanthoporum*).

**Р а с п р о с т р а н е н и е.** Нижний девон, лохковский ярус, низы чортковского горизонта Молдавии; ремневский горизонт Горного Алтая.

**М а т е р и а л.** 5 экз. (14 шл.), Горный Алтай, правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки, обн. Е-661 = М-99-1, слой 4.

### ***Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler, 1913**

Рис. 2, 3

1913 *Lioclema subramosum*: Ulrich et Bassler, P. 273, Pl. XLIII, figs. 1 – 4; Pl. XLIV, Fig. 5.

1965 *Lioclema subramosum*: Модзалевская, Нехорошев, с. 120, табл. II, фиг. 4, а, б.

**О п и с а н и е.** Колонии ветвистые диаметром 2,7 – 2,9 мм. Ширина экзозоны 0,8 – 1,0 мм. Зооeciи в эндозоне располагаются косо, а в экзозоне – перпендикулярно поверхности; в молодых колониях косоое положение зооциев сохраняется на большей части экзозоны. Пятна плохо выражены. Устья зооциев круглые, округло-угловатые, реже округленно-многоугольные, диаметром 0,14 – 0,27 мм. На 2 мм насчитывается 5,0 – 6,5 устьев зооциев. Диафрагмы в зооeciях в эндозоне отсутствуют; в экзозоне прямые и слабоогнутые диафрагмы развиты по 1 – 3 в зооeciи. Стенки

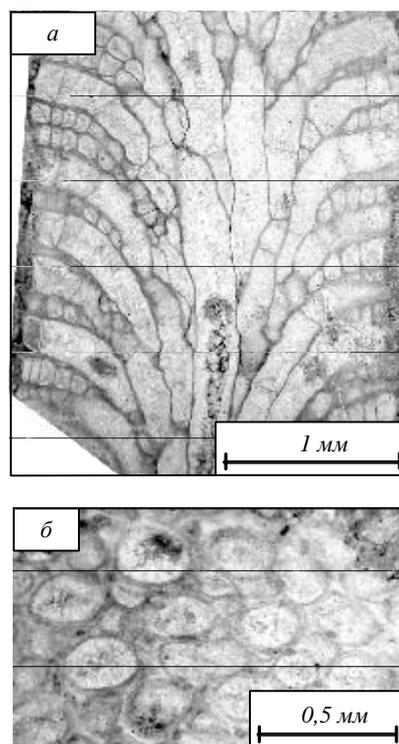


Рис. 2. *Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler, 1913: экз. СибГИУ, № 15/2 (Горный Алтай, правый борт долины рч. Локтевки, напротив с. Курья; нижний девон, пражский ярус, якушинский горизонт):

а – продольное сечение колонии; б – тангенциальное сечение колонии

зооциев в эндозоне тонкие, неровные, иногда волнистые. В экзозоне толщина стенок зооциев увеличивается до 0,02 – 0,04 мм; в некоторых колониях за счет вторичных пластинчатых отложений стенки утолщены до 0,06 – 0,10 мм. Устья мезозооeciев округленно-многоугольной формы; размер устьев мезозооeciев по длинной оси 0,04 – 0,11 мм, иногда до 0,20 мм. Количество мезозооeciев варьирует от редких (1 – 3 вокруг устья зооeciи) до многочисленных (3 – 6 вокруг устья), иногда образующих между зооeciями один ряд. Почкуются мезозооeciи в начале экзозоны. Диафрагмы в мезозооeciях развиты на расстоянии 0,04 – 0,12 мм (иногда до 0,18 мм), слегка пережимая их полость в начале экзозоны. Акантозооeciи диаметром 0,020 – 0,035 мм развиты по 1 – 3 вокруг устьев зооциев. Почкуются акантозооeciи в начале экзозоны, располагаясь в угловых соединениях стенок.

**С р а в н е н и е.** От *Lioclema netshlavense* Astrova из борщовского горизонта лохковского яруса Подолии [1] описанный вид отличается отсутствием петалоидной формы устьев зооциев и косым расположением зооциев в эндозоне; от *Lioclema lucida* Mesentseva из эмского яруса АССО [12] – отсутствием пятен, меньшим диаметром устьев зооциев (0,14 –

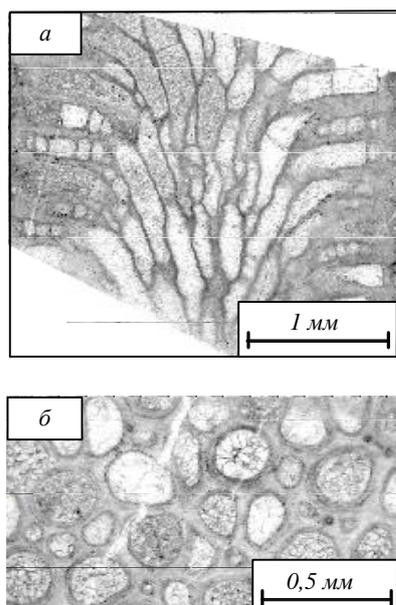


Рис. 3. *Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler, 1913: экз. СибГИУ, № 15/3 (Горный Алтай, правый борт долины рч. Локтевки, напротив с. Курья; нижний девон, пражский ярус, якушинский горизонт):  
 а – продольное сечение колонии; б – тангенциальное сечение колонии

0,27 мм вместо 0,21 – 0,24 мм, а в пятнах 0,28 – 0,35 мм у *Lioclema lucida*), большим количеством зооциев на 2 мм (5,0 – 6,5 против 3,0 – 5,5 у *Lioclema lucida*), почкованием мезозооциев в начале экзозоны.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Верхний силур – нижний девон, слои Кайзер США; нижний де-

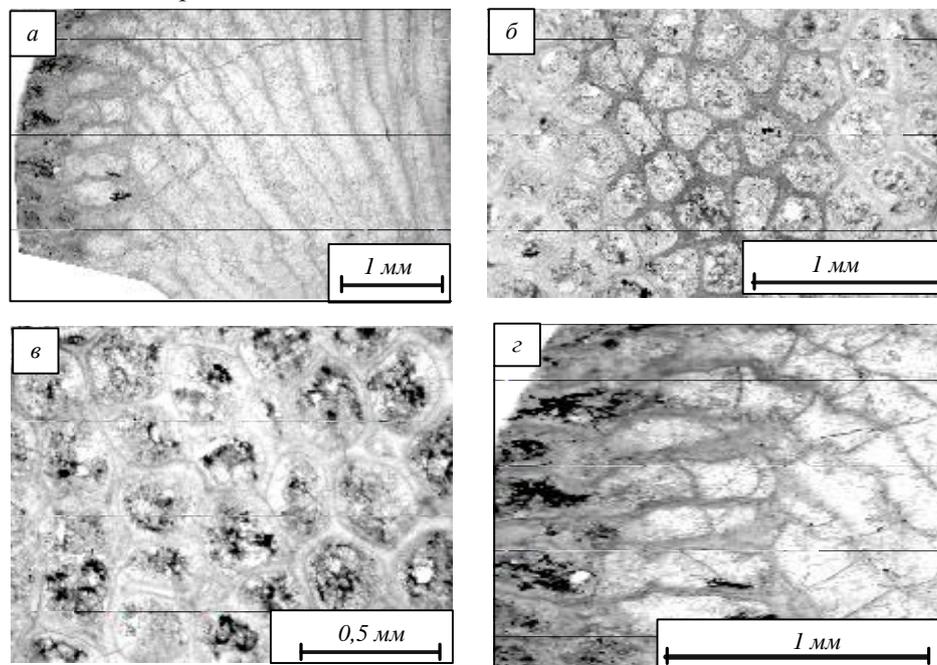


Рис. 4. *Atactotoechus simplex* L. Nekhorosheva, 1968: экз. СибГИУ, № 15/4 (Горный Алтай, правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки; нижний девон, лохковский ярус, ремневский горизонт):  
 а – продольное сечение колонии; б – тангенциальное сечение колонии; в – тангенциальное сечение колонии; г – продольное сечение экзозоны колонии

вон, верхний лохков – нижний эмс, больше-неверская свита Дальнего Востока; пражский ярус, якушинский горизонт Горного Алтая.

М а т е р и а л. 30 экз. (85 шл.), Горный Алтай, правый борт долины рч. Локтевки, напротив села Курья, обн. Ку-4.

Семейство *Atactotoechidae* Astrova, 1965

Род *Atactotoechus* Duncan, 1939

*Atactotoechus simplex* L. Nekhorosheva, 1968

Рис. 4

1968 *Atactotoechus simplex*: Нехорошева, с. 53, табл. V, фиг. 1 – 4.

Г о л о т и п – ЦГМ, № 10042/2; Центральный Таймыр, р. Тарей; нижний девон, лохковский ярус, усть-тарейский горизонт, толбатские слои.

О п и с а н и е. Колония ветвистая диаметром 10 мм с обрастающим основанием. Ширина экзозоны 0,35 – 1,20 мм. Зооциии в центральной части эндозоны веточки располагаются вертикально, а в периферической – косо; в начале экзозоны зооциии резко отклоняются и подходят перпендикулярно к поверхности. Пятна образованы мезозооцииями. Устья зооцииев многоугольные и округленно-многоугольные диаметром 0,20 – 0,25 мм, в пятнах – 0,32 – 0,39 мм; на 2 мм насчитывается 6 – 7 устьев зооцииев. В эндозоне стенки зооцииев тонкие, неровные, слабоволнистые; в верхах эндозоны и в экзозоне – волнистые. Стенки в экзозоне утолщены неравномерно: от 0,02 – 0,03 до 0,04 – 0,06 мм. Структура стенок раздельная в на-

чале экзозоны и слитная вблизи поверхности. Диафрагмы в зооэциях прямые, слабоогнутые, иногда косые, развитые в экзозоне на расстоянии 0,12 – 0,38 мм друг от друга; в верхах эндозоны расстояние между диафрагмами возрастает до 0,60 – 1,10 мм, а на остальной части эндозоны они единичны либо отсутствуют. Эксилязооэции и акантозооэции отсутствуют.

**С р а в н е н и е.** От *Atactotoechus kwangsiensis* Hu Zhao-xun [13] из формации Yukiang девона Китая отличается более толстыми стенками (от 0,02 – 0,03 до 0,04 – 0,06 мм вместо в среднем 0,03 мм у *Atactotoechus kwangsiensis*) и отсутствием акантозооэциев.

**Р а с п р о с т р а н е н и е.** Нижний девон, лохковский ярус, усть-тарейский горизонт, толбатские слои Центрального Таймыра; ремневский горизонт Горного Алтая.

**М а т е р и а л.** 1 экз. (8 шл.), Горный Алтай, правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки, обн. Е-661 = М-99-1, слой 4.

**Отряд Rhabdomesida Astrova et Morozova, 1956**

**Семейство Rhomboporidae Simpson, 1895**

**Род Orthopora Hall, 1886**

***Orthopora limata* Astrova, 1964**

Рис. 5, 6

1964 *Orthopora limata*: Астрова, с. 46, табл. XV, фиг. 2.

**Г о л о т и п.** Экз. № 1706/267, ПИН. Подолия, река Нечлава у села Королевки; нижний девон, лохковский ярус, борщовский горизонт.

**О п и с а н и е.** Колонии тонковетвистые, диаметром 0,63 – 0,98 мм. Диаметр эндозоны 0,25 – 0,28 мм, ширина экзозоны 0,17 – 0,21 мм.

Удлиненно-трубчатые зооэции почкуются спирально от срединной оси и располагаются косо в эндозоне. Угол их отклонения в экзозоне к поверхности колонии составляет 45 – 60°, иногда около 80 – 90°. Устья зооэциев овальные, эллиптические, иногда узкоовальные, располагаются диагонально пересекающимися рядами. Длина устьев 0,08 – 0,14 мм, ширина 0,04 – 0,07 мм; на 2 мм по диагональному ряду девять устьев, вдоль колонии – пять устьев зооэциев. Расстояние между центрами устьев зооэциев вдоль ветки 0,43 – 0,46 мм, по диагональному ряду 0,21 – 0,27 мм. Стенки зооэциев в экзозоне утолщаются до 0,08 – 0,14 мм. Диафрагмы в зооэциях вогнутые, косые, единичные, встречаются на границе эндо- и экзозоны и в экзозоне. Гемисепты не обнаружены (возможно, из-за недостаточного количества материала и плохой сохранности). Экзакантозооэции диаметром 0,020 – 0,035 мм почкуются в начале экзозоны, располагаясь в один ряд между устьями зооэциев. Метазооэции, поры (пауростили) отсутствуют.

**С р а в н е н и е.** От *Orthopora sincera* Ernst из формации Santa Lucia (нижний девон, эмс – эйфель) Испании [14] данный вид отличается меньшим диаметром эндозоны (0,25 – 0,28 мм вместо 0,36 – 0,63 мм у *Orthopora sincera*), большим расстоянием между центрами устьев зооэциев вдоль ветки (0,43 – 0,46 мм вместо 0,25 – 0,45 мм у *Orthopora sincera*) и по диагональному ряду (0,21 – 0,27 мм вместо 0,16 – 0,23 мм у *Orthopora sincera*).

**Р а с п р о с т р а н е н и е.** Нижний девон, лохковский ярус, борщовский горизонт Подолии; ремневский горизонт Горного Алтая.

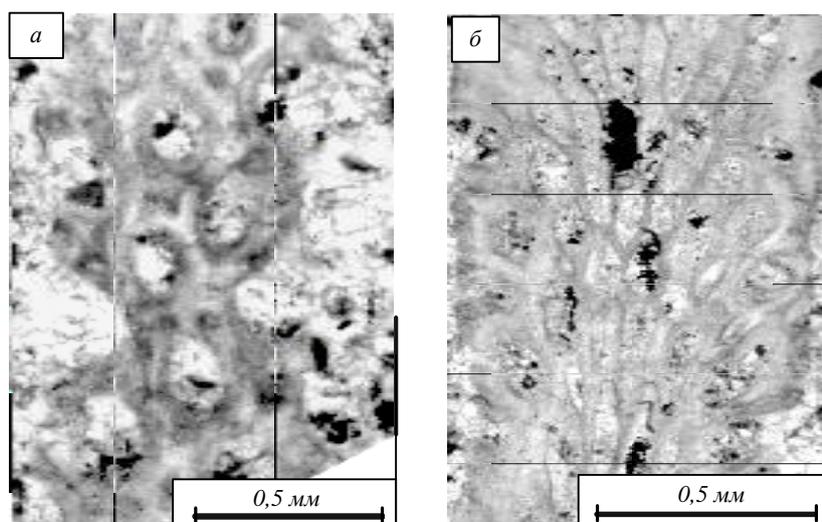


Рис. 5. *Orthopora limata* Astrova, 1964: экз. СибГИУ, № 15/5 (Горный Алтай, правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки; нижний девон, лохковский ярус, ремневский горизонт):

*а* – тангенциальное сечение колонии; *б* – продольное сечение колонии

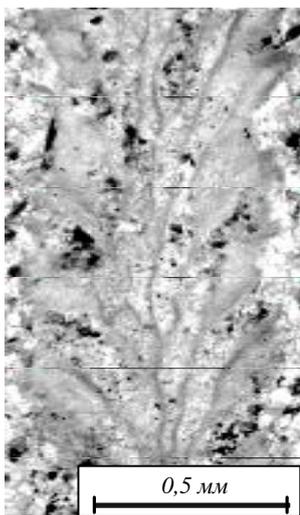


Рис. 6. *Orthopora limata* Astrova, 1964: экз. СибГИУ, № 15/6 – продольное сечение колонии (Горный Алтай, правобережье р. Белой, близ устья р. Боровушки; нижний девон, лохковский ярус, ремневский горизонт)

М а т е р и а л. 4 экз. (7 шл.), Горный Алтай, правобережье . Белой, близ устья р. Боровушки, обн. Е-661 = М-99-1, слой 4.

Таким образом, лохковский комплекс мшанок западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) включает *Lioclema netshlavense* Astr., *Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler, *Lioclema trematoroides* Astr., *Cyphotrypa variabile* Mesent., *Atactotoechus simplex* L. Nekh., *Petaloporella altaica* Mesent. sp. nov., *Orthopora limata* Astr., *Minussina* sp., *Anomalotoechus* sp., *Leptotrypella* sp., *Petallo-porella* sp. (рис. 1 – 7). Смена комплексов на

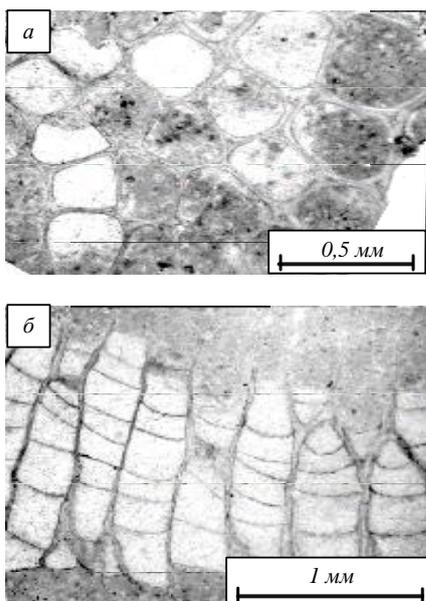


Рис. 7. *Cyphotrypa variabile* Mesentseva, 2008: экз. СибГИУ, № 15/7 (Салаир, окрестности г. Гурьевска; нижний девон, лохковский ярус, томьчумышский горизонт): а – тангенциальное сечение колонии; б – продольное сечение колонии

силурийско-девонском (пржидольско-лохковском) рубеже очень резкая (см. таблицу). Количество видов мшанок уменьшается более, чем в два раза. В девонских отложениях западной части АССО не встречено ни одного из 18 видов мшанок пржидольского комплекса. Однако виды мшанок борщовского горизонта лохковского яруса Подолии (*Lioclema gloria* Astr. и *Neotrematopora spinata* (Astr.) известны в пржидолии Горного Алтая [15].

Изученные лохковские мшанки западной части АССО относятся к отрядам Trepotomida и Rhabdomesida. Из трепостомид в лохкове по всему земному шару доминируют представители семейств Heterotrypidae, Trematorporidae Atactotoechidae. Из пяти родов семейства Heterotrypidae, расцвет которого приходится на ордовик – силур, в лохковском комплексе АССО род *Lioclema* представлен тремя видами. Из 11 родов семейства Trematorporidae, испытывавшего расцвет также в ордовике – силуре, представлен род *Minussina*. Этот род появляется в начале лохкова и характерен для всего девонского периода. Расцвет семейства Atactotoechidae произошел в силуре – девоне, поэтому в лохковских отложениях представители этого семейства характеризуются наибольшим разнообразием. Из девяти родов обнаружены представители четырех (*Cyphotrypa variabile* Mesent., *Atactotoechus simplex* L. Nekh., *Anomalotoechus* sp., *Leptotrypella* sp.), причем три из них в одном местонахождении.

Отряд Rhabdomesida в лохкове АССО представлен тремя видами: *Petaloporella altaica* Mesent. sp. nov. и *Petallo-porella* sp. (семейство Nuphasmoporidae), а также *Orthopora limata* Astr. (семейство Rhomboporidae). Наиболее древние представители рода *Petaloporella* известны из пражского яруса Чехии и Марокко [16]. Находка *Petaloporella altaica* отодвигает появление рода на середину лохковского века. Род *Orthopora*, расцвет которого приходится на девонский период, распространен в США. В Евразии род известен в Чехии, Эстонии, Молдавии и Китае. Находка *Orthopora limata* в Горном Алтае расширяет географическое распространение этого рода.

В пражском ярусе АССО мшанки исключительно редки (*Minussina* sp. и *Lioclema subramosum* Ul. et B.). Последний вид распространен также в лохковских (ремневских) отложениях Сибирячихинской синклинали Горного Алтая, в верхнелохковско-нижнеэмских отложениях (большеневский горизонт) Приамурья и верхнесилурийско-лохковских отложениях (слои Кайзер) США.

**Распространение мшанок в лохков-пражских отложениях  
Салаира и Горного Алтая [3, 5, 11, 12, 15]**

Вид	Салаир (горизонт, слои)						Горный Алтай (ярус, горизонт)			
	Томь-чумышский	Петцевский	Крековский	Малобачатский	Салаиркинский			Пржидольский	Ремневский	Якушинский
					Нижнесалаир-кинские	Среднесалаир-кинские	Верхнесалаир-кинские			
<i>Amsassipora altaica</i> Jarosh.								+		
<i>Lioclema varium</i> Astr.								+		
<i>Lioclema gloria</i> Astr.								+		
<i>Lioclema modzalevskajae</i> Jarosh.								+		
<i>Lioclema praepassitabulatum</i> Jarosh.								+		
<i>Lioclema morozovae</i> Jarosh.								+		
<i>Lioclema angulatum</i> Jarosh.								+		
<i>Eridotrypa alternans</i> Astr.								+		
<i>Eridotrypa callosa</i> Moroz.								+		
<i>Eridotrypa angusta</i> Jarosh.								+		
<i>Monotrypa kizildzharensis</i> Astr.								+		
<i>Amplexopora subseptosa</i> Modz.								+		
<i>Amplexopora ramosa</i> Jarosh.								+		
<i>Atactotoechus verus</i> Jarosh.								+		
<i>Leptotrypella angulata</i> Jarosh.								+		
<i>Eridotrypella ampla</i> Jarosh.								+		
<i>Neotrematopora spinata</i> (Astr.)								+		
<i>Discotrypa podolica</i> (Astr.)								+		
<i>Lioclema netshlavense</i> Astr.	+									
<i>Cyphotrypa variabile</i> Mesent.	+									
<i>Lioclema subramosum</i> Ulrich et Bassler									+	+
<i>Atactotoechus simplex</i> L. Nekh.									+	
<i>Petaloporella altaica</i> Mesent., sp. nov.									+	
<i>Lioclema trematoporoides</i> Astr.									+	
<i>Orthopora limata</i> Astr.									+	
<i>Anomalotoechus</i> sp.			+							
<i>Kuzbassus admirandus</i> Mesent.					+	+				
<i>Eridotrypa neocallosa</i> Mesent.					+	+				
<i>Neotrematopora multi</i> Mesent.					+	+				
<i>Chondraululus salairicus</i> Mesent.					+	+				
<i>Cyphotrypa minor</i> Mesent.					+	+				
<i>Eostenopora notabilisica</i> Mesent.					+	+				
<i>Lioclema florea</i> Modz.					+	+				
<i>Lioclema polymorpha</i> Mesent.					+	+	+			
<i>Neotrematopora leptoclada</i> Mesent.					+	+	+			
<i>Neotrematopora spinula</i> Mesent.					+	+	+			
<i>Neohemitrypa nativa</i> (Jarosh.)					+	+	+			
<i>Neotrematopora salairiensis</i> (Moroz.)					+	+	+			

Раннеэмский комплекс АССО (мшанковая зона *Kuzbassus admirandus* – *Eridotrypa neocallosa*) содержит 12 видов, среди которых отсутствуют виды как пражского, так и лохковского возраста [12]. В то же время со сменяющим его среднеэмским комплексом (зона *Erido-*

*trypa beloviensis* – *Lioclema lucida*) насчитывается пять общих видов.

В заключение можно добавить, что мшанки лохковского и тем более пражского яруса западной части Алтае-Саянской складчатой области требуют дальнейшего изучения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А с т р о в а Г.Г. Мшанки борщовского и чортковского горизонтов Подолии. – М.: Изд-во АН СССР, 1964. – 52 с.
2. Т р о и ц к а я Т.Д. Девонские мшанки Казахстана. – М.: Недра, 1968. – 237 с.
3. М е з е н ц е в а О.П. Трепостомиды пограничных силурийско-девонских отложений Алтая и Салаира. – В кн.: Глобальная корреляция нижнедевонских карбонатных и кластических разрезов: Материалы международной конференции. – Ташкент: Изд-во SealMag Press, 2008. С. 74 – 78.
4. Middle-Upper Devonian and Lower Carboniferous biostratigraphy of Kuznetsk Basin. – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2011. – 98 p.
5. М и р о н о в а Н.В., С т е п а н о в С.А., Ч е р е п н и н а С.К., Я р о ш и н с к а я А.М. Девонские отложения северной части Сибирячихинской синклинали (Горный Алтай). – В кн.: Материалы по региональной геологии Сибири. – Новосибирск: Изд-во СНИИГГИМСа, 1974. С. 90 – 98.
6. М о д з а л е в с к а я Е.А., Н е х о р о ш е в В.П. Раннедевонские мшанки Верхнего Приамурья // Ежегодник ВПО. 1965. Т. 17. С. 115 – 131.
7. Н е х о р о ш е в а Л.В. Девонские мшанки Приамурья // Тихоокеанская геология. 1994. № 2. С. 63 – 75.
8. Стратиграфический словарь СССР. Новые стратиграфические подразделения палеозоя СССР. – Л.: Недра, 1991. – 555 с.
9. Н е х о р о ш е в а Л.В. Мшанки из татрейского нижнедевонского разреза (Центральный Таймыр). – В кн.: Ученые записки. Палеонтология и биостратиграфия. Вып. 24. – Л.: Изд-во НИИГА, 1968. С. 45 – 62.
10. Стратиграфический словарь СССР. Кембрий, ордовик, силур, девон. – Л.: Недра, 1975. – 622 с.
11. А с т р о в а Г.Г., Я р о ш и н с к а я А.М. Раннедевонские и эйфельские мшанки Салаира и Горного Алтая // Новые материалы по стратиграфии и палеонтологии нижнего и среднего палеозоя Западной Сибири. – Томск: изд. ТГУ, 1968. С. 47 – 62.
12. М е з е н ц е в а О.П. Мшанки (Bryozoa) эмского яруса западной части Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 108 с.
13. Н u Z h a o - x u n. Additional material of Bryozoa from the Yukiang formation of early Middle Devonian in Henghsien, Kwahgsi // Acta Paleont. Sinica. 1965. Vol. 13. P. 232 – 240.
14. E r n s t A. Cryptostome (ptilodictyine and rhabdomesine) Bryozoa from the Lower Devonian of NW Spain // Palaeontographica: Palaeozoology – Stratigraphy, 2011. Vol. 293. Issues 4-6. P. 147 – 183.
15. Пржидольские мшанки СССР / В.И. Пушкин, Л.В. Нехорошева, Г.В. Копаевич, А.М. Ярошинская. – М.: Наука, 1990. – 125 с.
16. E r n s t A. *Petaloporella* (Cryptostomata, Bryozoa) from the Lower Devonian of central Bohemia // Bulletin of Geosciences, 2009. Vol. 84. № 4. Pp. 767 – 770.

© 2015 г. О.П. Мезенцева, Ю.В. Удодов  
Поступила 12 мая 2015 г.

УДК 622.817.47+622.822.22

*М.Г. Коряга*

Сибирский государственный индустриальный университет

### МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛТЮБИНГОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА, МОНИТОРИНГА И БОРЬБЫ С ПОЖАРАМИ

Требования, применяемые к шахтам современного технического уровня, непрерывно изменяются в сторону ужесточения с увеличением глубины горных работ.

Мониторинг за выделением и миграцией метана в выработанном пространстве выемочных столбов и возникающими очагами эндогенных пожаров включает непрерывный

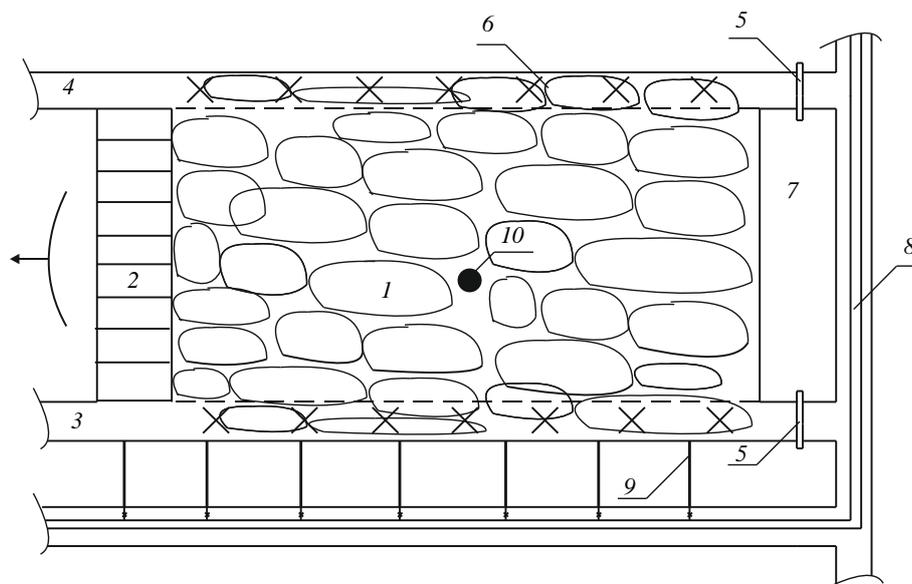


Рис. 1. Дегазация выработанного пространства с помощью перфорированных труб, заведенных в выработанное пространство:  
 1 – выработанное пространство; 2 – очистной забой; 3 – конвейерный штрек; 4 – вентиляционный штрек; 5 – перемычка;  
 6 – погашенный штрек; 7 – фланговый охранный целик; 8 – дегазационный газопровод; 9 – скважины подземной дегазации;  
 10 – дегазационная скважина с поверхности

комплекс работ. Для этого применяются буровая техника и набор контрольно-измерительной и газо-аналитической аппаратуры.

Требования по контролю за составом и температурой атмосферы в пространстве за очистным забоем и в изолированном пространстве отработанных выемочных полей [1] предусмотрены действующим нормативными документами.

После изоляции выработанного пространства мониторинг атмосферы и температуры в нем ведется через скважины, контрольные трубки в перемычках, а также по выявленным газовым и температурным аномалиям в приповерхностном слое.

Совмещение процессов дегазации и непрерывного мониторинга возможно в сети скважин подземной дегазации и на устьях скважин, пробуренных с поверхности в выработанное пространство (рис. 1). По полученным данным определяется концентрация метановоздушной смеси (МВС) и наличие в ней продуктов окисления угля. Такой способ дает только факт наличия или отсутствия пожара в зоне работы дегазационной сети или скважины.

Определение точного положения очага возгорания сопряжено с рядом трудностей. При наличии большого количества скважин подземной дегазации, пробуренных в выработанное пространство через охранный целик, производят замеры через отдельные скважины. Для этого скважины с определенным шагом отключают от дегазационной сети, производят забор проб атмосферы и контроль температуры

выработанного пространства. Такой способ позволяет достаточно точно определить местоположение очага пожара.

Для тушения пожара с поверхности бурят скважины и производят закачку антипирогенов или азота до нормализации состава проб атмосферы в выработанном пространстве.

Недостатком такого способа являются затраты на бурение скважин через охранный целик, время на поиск очага возгорания и бурение скважин с поверхности.

Приступить к тушению посредством закачки азота с поверхности по сети дегазационного трубопровода до аварийного участка на практике не позволяют требования действующих инструкций по работе сети дегазации шахты. В случае остановки системы дегазации очистные работы останавливаются.

Для исключения затрат на подземное бурение существует типовая схема дегазации выработанного пространства с перфорированным дегазационным газопроводом, оставляемым в выработанном пространстве и охраняемым кострами [2]. Перфорированная часть газопровода подключается на фланге к дегазационному газопроводу, в котором создается разряжение не менее 4,0 кПа (рис. 2).

Достоинством этой схемы является постоянный отбор выделяющегося метана как из выработанного пространства, так и в кутке лавы на вентиляционном штреке; возможность контроля атмосферы выработанного пространства путем отбора газовых проб из газопровода. Но схема имеет ряд существенных недос-

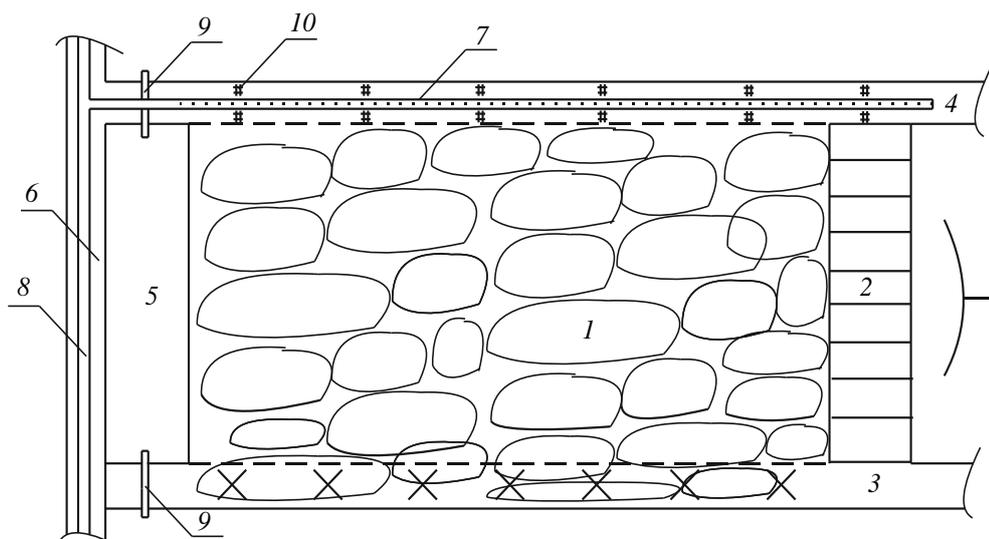


Рис. 2. Дегазация выработанного пространства помощью перфорированных труб, оставленных в выработанном пространстве [2]:

1 – выработанное пространство; 2 – очистной забой; 3 – конвейерный штрек; 4 – вентиляционный штрек; 5 – фланговый охранный целик; 6 – фланговая выработка; 7 – перфорированный дегазационный газопровод; 8 – дегазационный газопровод; 9 – перемычка; 10 – костры

татков: возможность определения только факта наличия или отсутствия пожара в зоне работы перфорированной трубы по газоаналитическим пробам и температуре; неравномерность отбора газа по длине перфорированной трубы из-за изменения аэродинамического сопротивления при увеличении длины газопровода, заиливание отверстий перфорации угольным шламом и, как следствие, – неуправляемость процессом дегазации.

Недостатки схемы, приведенной на рис. 2, предлагается исключить разработанным для внедрения способом, предусматривающим замену оставленной в выработанном пространстве полностью перфорированной трубы на трубу, перфорированную в заданных интервалах посредством применения технологии колтюбинга, разработанной для нефтяных и газовых скважин.

Колтюбинг – одно из самых динамично развивающихся в мире направлений газонефтепромыслового оборудования, включает в себя производство специальных металлических колонн гибких труб, проектирование наземного и внутрискважинного оборудования и, наконец, приборное обеспечение и программы обработки информации [3 – 7].

Технология колтюбинга основана на использовании гибких непрерывных труб, которые заменяют традиционные сборные бурильные трубы при работах внутри скважин. Такие трубы позволяют вести направленное бурение в боковых и горизонтальных стволах скважин,

не требуя операций по сборке и разборке бурильной колонны.

Колтюбинг включает в себя совокупность колонны гибких труб (КГТ), комплекс наземного оборудования, состоящего из колтюбингового агрегата (обеспечивающего спуск и подъем колонны КГТ), комплекса оборудования такого как: буровой насос, компрессоры для нагнетания инертного газа, генератор инертного газа, нагреватель технологической жидкости, устьевое дроссельное устройство и устьевое оборудование, содержащее, в частности, противовыбросовое оборудование, различные насадки, пороодо-разрушающий инструмент, пакеры, режущий инструмент, отклонители и забойные двигатели.

Порядок работы колтюбингового агрегата состоит из ряда операций: вращения барабана КГТ с разматыванием трубы и подачей ее устьевым дроссельным устройством в скважину до необходимой глубины; подачи промысловочной жидкости на забойный двигатель или другое скважинное оборудование; подъем оборудования из скважины путем намотки КГТ на барабан. Все процессы управляются с пульта оператора колтюбингового агрегата. Скорость спускоподъемных операций КГТ может достигать 1 м/с.

На рис. 3 в качестве примера показана такая установка на шасси автомобильного типа КрАЗ-63221. Установка является относительно



Рис. 3. Колтюбинговая установка Уран-20 [8]

небольшой в модельном ряду колтюбинговых агрегатов. Емкость барабана гибких труб составляет до 3600 м при диаметре трубы 33,5 мм.

Изменение области применения колтюбинга для условий шахты, разумеется, потребует внести конструктивные изменения в компоновку колтюбингового оборудования: установить барабан с гибкой трубой, привод и насос на колесное шасси дизельного самоходного вагона или металлические салазки; привести электрическое оборудование в соответствие с требованиями, предъявляемыми к рудничному электрооборудованию повышенной надежности (РП) против взрыва; адаптировать соединения насоса к применяющимся в шахте водоводам.

Принципиальная схема интеграции технологии колтюбинга в схему с оставленной в выработанном пространстве полностью перфорированной трубой с заменой на трубу, перфорированную в заданных интервалах, показана на рис. 4, где 1 – выработанный выемочный столб с охранным целиком уклоном 2, погашенным вентиляционным штреком 3, погашенной монтажной камерой 4 и демонтажной камерой 5. За перемычкой 6 располагается подземный колтюбинговый агрегат 8 и оставленная в выработанном пространстве труба 9; также на рис. 4 показаны охранный целик 10 и вентиляционный штрек 7 подготавливаемого выемочного столба.

На «узле Б» показана принципиальная компоновка подземного колтюбингового агрегата с барабаном для намотки КГТ с приводом и пультом управления 8 с трубой 9 диам. 150 – 200 мм, оставленной на почве погашенного конвейерного штрека отработанного выемочного столба и выведенной за перемычку, гибкой непрерывной трубой КГТ 11, механизма укладки витков трубы КГТ 12, станины барабана 13 и оборудования для работы в оставленной в завале трубы 14.

Достоинством предлагаемой интеграции технологии колтюбинга в схему с оставленной

в выработанном пространстве полностью перфорированной трубой, с заменой на трубу, перфорированную в заданных интервалах, является перечень работ обеспечивающих:

- непрерывный мониторинг температуры в оставленной в выработанном пространстве трубе по всей ее длине;
- перфорацию трубы в заданном интервале для забора газо-аналитических проб;
- дегазацию выработанного пространства через отверстия перфорации в заданном интервале;
- нагнетание газообразных и жидких реагентов для тушения пожара в интервале, выявленном в процессе непрерывного мониторинга.

Проведение работ в оставленной в выработанном пространстве трубе обеспечивается широким перечнем серийно выпускаемого нефтегазового скважинного оборудования.

Перфорация металлических и полимерных труб возможна гидравлической [9], гидромеханической и гидропескоструйной перфорацией [10].

Контроль температуры трубы по всей протяженности и прокачиваемого через нее газа обеспечивается системой волоконно-оптического контроля распределенного измерения температуры [11, 12] или поинтервально с помощью электрических термометров, сопротивление которых позволяет регистрировать температуру по всему пути движения термометра [13].

Отбор проб газа производится в интервалах перфорации зондами пробоотборниками [14] или путем прокачки газа по трубе КГТ.

Закачивание в трубу жидких и газообразных реагентов в изолированный интервал перфорации возможно посредством установки съемного пакера [15].

**Выводы.** Применение интеграции технологии колтюбинга в схему с оставленной в выработанном пространстве полностью перфорированной трубой с заменой на трубу, перфорированную в заданных интервалах, позволит избавиться от таких недостатков схемы как:

- невозможность определения местоположения пожара в зоне работы перфорированной трубы;
- неравномерность отбора газа по длине перфорированной трубы из-за изменения аэродинамического сопротивления при увеличении длины газопровода;
- заиливание отверстий перфорации угольным шламом и, как следствие, не управляемость процессом дегазации.

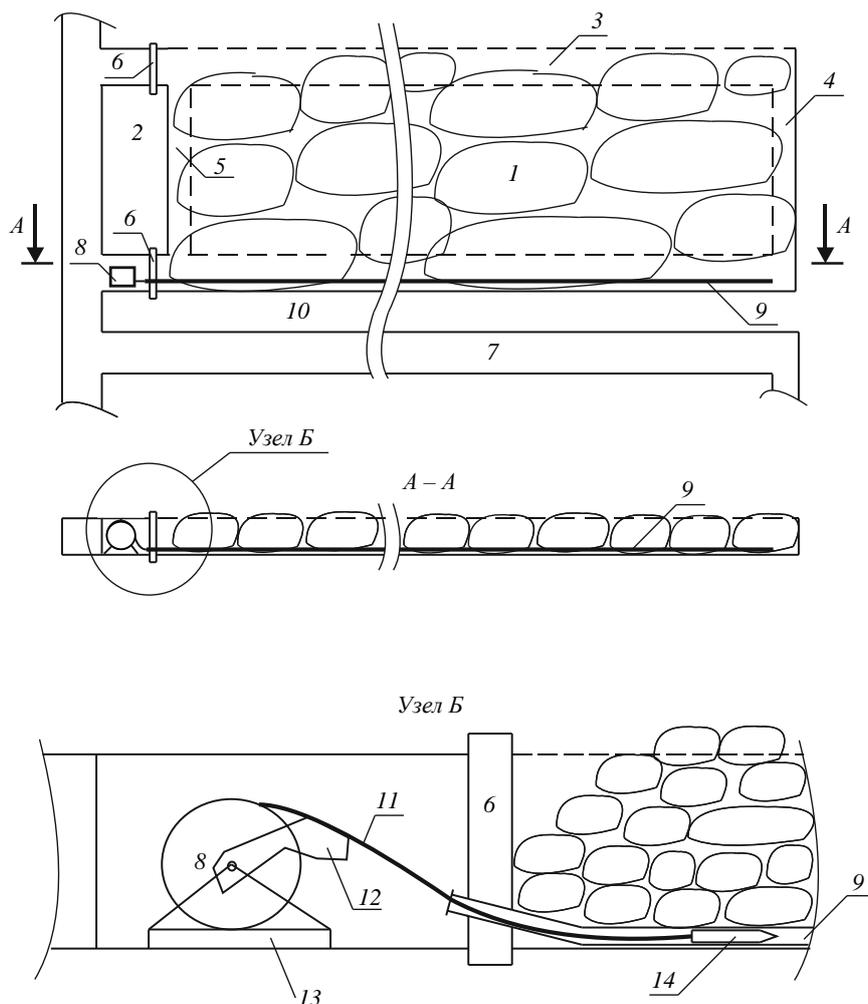


Рис. 4. Принципиальная схема применения колтюбинговой установки в условиях шахты

Схема имеет ряд достоинств:

- непрерывный мониторинг температуры в оставленной в выработанном пространстве трубе по всей ее длине;
- перфорация трубы в заданном интервале для забора газо-аналитических проб;
- дегазация выработанного пространства через отверстия перфорации в заданном интервале;
- нагнетание газообразных и жидких реагентов для тушения пожара в интервале, выявленном в процессе непрерывного мониторинга;
- обеспеченность работ серийно производимым скважинным нефтегазовым оборудованием.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса / ФГУП РосНИИГД и др. – Кемерово : Б.И., 2007. – 77 с.
2. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Вып. 22. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2012. – 250 с.
3. Молчанов А.Г. В России время колтюбинга еще не наступило: [Электронный ресурс]: Первый Буровой Портал. – Режим доступа свободный: [http://first-drilling.com.ua/article/article\\_item/548](http://first-drilling.com.ua/article/article_item/548) (Дата обращения: 11.05.15).
4. Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб / С.М. Вайншток, А.Г. Молчанов, В.И. Некрасов, В.И. Чернобровкин. – М: Изд-во Академии горных наук, 1999. – 224 с.
5. Колтюбинговые технологии : [Электронный ресурс] : ФрактДжет-Волга. Направление деятельности. – Режим доступа свободный : <http://fj-volga.com/koltyubingovietechnologii> (Дата обращения: 11.05.15).
6. Очистка скважин с помощью колтюбинга и проблема с песчаными пробками: [Электронный ресурс]: Научно-практический журнал «Время колтюбинга». Прошлое и

- будущее нефтесервиса. – Режим доступа свободный : <http://www.cttimes.org/technology/perspektivy/> (Дата обращения: 11.05.15).
7. Работы без применения буровой : [Электронный ресурс] : Научно-практический журнал «Время колтюбинга». Наши публикации о технологиях. – Режим доступа свободный: <http://www.cttimes.org/technology/nashi-publikatsii-otehnologiyah/> (Дата обращения: 11.05.15).
8. Колтюбинговая установка Уран-20 : [Электронный ресурс] : Транспортное оборудование. – Режим доступа свободный: <http://www.rgmural.ru/transport/uran20.html> (Дата обращения: 11.05.15).
9. Гидравлический малогабаритный перфоратор для боковых стволов ПМГ 75, ПМГ 86: [Электронный ресурс] : ООО «Нефте-ПромЦентр». Продукция. Перфораторы. – Режим доступа свободный: <http://www.neftpromcentr.ru/perforatory.htm> (Дата обращения: 11.05.15).
10. Соловкин О.Е. Пути совершенствования щадящей перфорации скважин: [Электронный ресурс]: Специализированный журнал «Бурение и нефть». – Режим доступа свободный: <http://burneft.ru/archive/issues/2010-05/15> (Дата обращения: 11.05.15).
11. «Downhole Temperatures from Optical Fiber», Oilfield Review Winter 2008/2009: 20, no. 4.
12. Оптоволоконные системы измерения температуры и давления нефтегазовых скважин: [Электронный ресурс]: Технопарк Новосибирского Академгородка АКАДЕМ-ПАРК. – Режим доступа свободный: <http://www.academpark.com/residents/28/products/7605/> (Дата обращения: 11.05.15).
13. Приборы для глубинных замеров температуры в скважинах: [Электронный ресурс] : Архив рубрики «Температурный режим бурящихся скважин». – Режим доступа свободный: <http://teplozond.ru/category/temperaturnyj-rezhim-buryashhixsya-snvazhin> (Дата обращения: 11.05.15).
14. Зонды для отбора проб воды и газа: [Электронный ресурс]: AGT system and service. Зонды (RG). – Режим доступа свободный : <http://www.agtsys.ru/products/zondy-dlyaotboraprobvodygaza> (Дата обращения: 11.05.15).
15. Пакеры и компоновки: [Электронный ресурс]: ООО НПФ «Пакер». Каталог оборудования. – Режим доступа свободный: <http://npf-paker.ru/katalog/> (Дата обращения: 11.05.15).

© 2015 г. М.Г. Коряга  
Поступила 12 мая 2015 г.

С.В. Князев<sup>1</sup>, Д.В. Скопич<sup>2</sup>, А.А. Усольцев<sup>1</sup>, Е.А. Фатьянова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный индустриальный университет

<sup>2</sup>ООО «Индас Холдинг», г. Новокузнецк

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛИ МАРКИ 20ГФЛ

Аудит технологического процесса выплавки стали марки 20ГФЛ в дуговых печах ДСП-6 Рубцовского филиала ОАО «Алтайвагон» выявил проблемы, связанные с получением брака стали по механическим свойствам [1]. Несмотря на то, что химический состав стали 20ГФЛ находился в установленных ГОСТ 977 – 88 границах, имеются случаи, когда механические свойства исследуемых образцов не соответствовали нормативным требованиям. Появление таких ситуаций связано с тем, что установленные ГОСТ 977 – 88 границы на химический состав стали 20ГФЛ имеют достаточно широкий интервал, внутри которого встречаются комбинации химических элементов в стали (контролируемые и неконтролируемые ГОСТ), приводящие к отклонениям по механическим свойствам. Для подтверждения этого факта и выявления причин проблемы брака был проведен статистический анализ влияния химического состава на качественные характеристики механических свойств металла [2, 3]. Были отобраны годовые данные по пяти печам. Выборка составила 6000 плавков. Для анализа были взяты пять показателей механических свойств (ударная вязкость  $KCV_{-60}^{\circ C}$  и

$KCV_{-60}^{\circ C}$ , временное сопротивление  $\sigma_b$ , относительное сужение  $\psi$  и относительное удлинение  $\delta$ ) и десять элементов (C, S, Mn, P, S, Cr, Ni, Al, Cu, V) химического состава. Анализ проводился в компьютерной среде RStudio на языке R.

Для проведения регрессионного анализа и построения модели прогнозирования использовались следующие алгоритмы: Linear Regression (LR), Random Forest (RF) и Support Vector Machine (SVM) [4 – 7]. Результаты работы моделей прогноза показаны ниже. На рис. 1 приведены графики реальных данных KCU по каждой выборке, отсортированные по возрастанию, и их прогнозные значения, полученные различными методами. Наименьшую среднеквадратичную ошибку  $\sigma = 5,80$  показал метод Random Forest, который и был выбран для дальнейшего анализа данных.

Для повышения точности прогноза модель RF была скорректирована на величину прогнозируемой ошибки. На рис. 2 приведены графики ошибки прогноза методом RF в зависимости от прогнозного значения KCU и ее прогноза методом RF. На рис. 3 представлен прогноз KCU скорректированной модели RF. Видно,

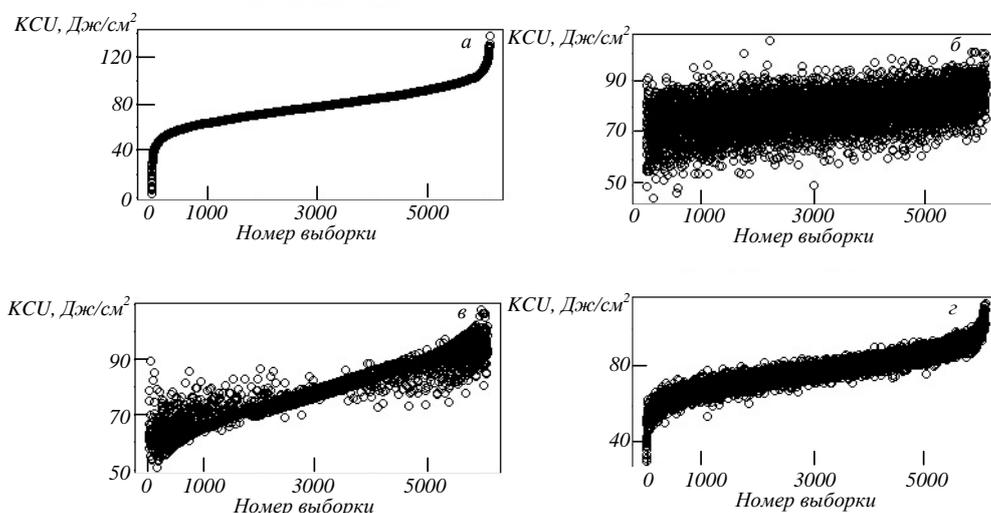


Рис. 1. Реальные данные KCU (а) и результаты прогноза методами LR (б), SVM (в) и RF (з)

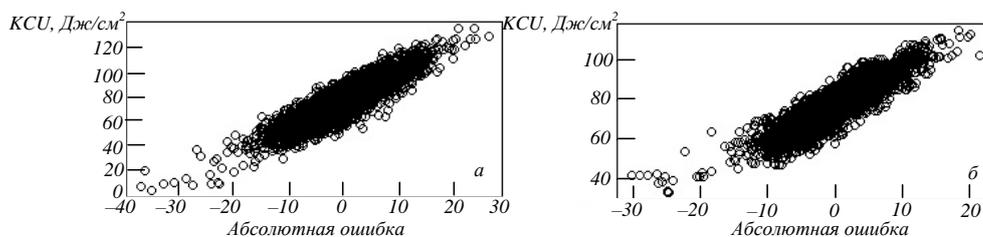


Рис. 2. Графики ошибки прогноза методом RF (а) и ее прогнозирования (б)

что среднеквадратичную ошибку удалось уменьшить более чем в два раза:  $\sigma = 2,21$ .

Таким же способом были построены прогнозные модели зависимости механических свойств от химического состава стали для остальных показателей. Средняя абсолютная ошибка прогноза по каждому показателю в процентном отношении не превысила 3 %.

С помощью алгоритма Genetic Algorithm (GA) и полученных прогнозных моделей был произведен поиск минимума значения по каждому параметру механических свойств при заданных ГОСТ границах на процентное содержание элементов в химическом составе стали марки 20ГФЛ. Согласно проведенным расчетам, минимальные значения относительного сужения, относительного удлинения и KCV не вышли за границы зоны качества, установленные ГОСТ. Расчет минимальных значений KCV и временного сопротивления показал возможность получения брака при хорошем, с точки зрения ГОСТ, химическом анализе. Графики поисков минимумов с помощью алгоритма GA для KCV и временного сопротивления показаны на рис. 4.

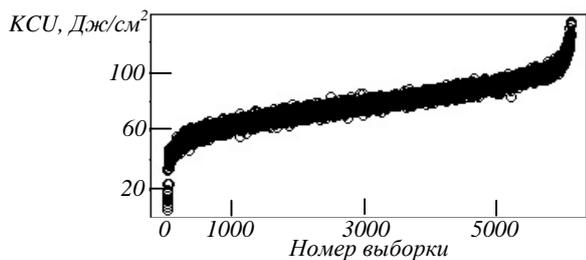
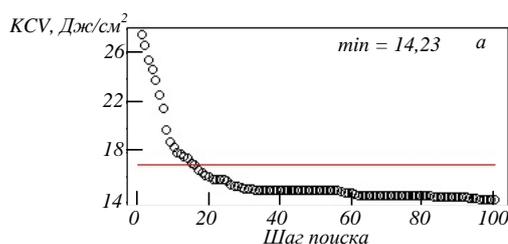


Рис. 3. Прогноз KCV с использованием скорректированной модели RF



Проведенный анализ подтвердил возможность получения брака стали по механическим свойствам при соблюдении границ на содержание элементов в химическом составе плавки согласно ГОСТ, а также показал возможность прогнозирования и управления механическими свойствами стали по ходу выплавки, например, после получения результатов экспресс-лаборатории перед сливом стали в ковш или во время внепечной обработки металла.

**Выводы.** При получении прогноза брака по одному из параметров, используя алгоритм GA и прогнозную модель RF, задав текущие значения элементов химического состава и конечные условия, можно рассчитать химический состав стали, которого еще возможно добиться на заданной плавке и который будет гарантировать отсутствие брака. После расчета рекомендуемого химического состава можно рассчитать количество необходимых добавок в ковш при сливе плавки или во время внепечной обработки стали. Это позволит частично или полностью уйти от брака по механическим свойствам.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Князев С.В., Усольцев А.А., Скопич Д.В., Фатянова Е.А. Опыт разработки и внедрения автоматизированной системы пооперационного контроля производства отливок (АС ПКПКО) // Современные технологии в машиностроении: Сборник статей XVII Международной научно-технической конференции, 2013. – Пенза: изд. ПДЗ. С. 111 – 117.

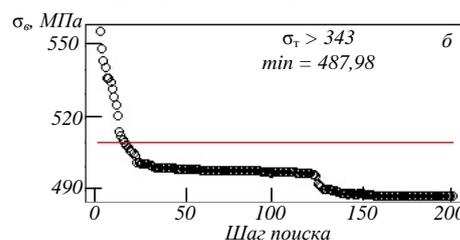


Рис. 4. Графики работы алгаритма GA для KCV (а) и  $\sigma_b$  (б)

2. Князев С.В., Антипенко В.А., Марчук В.А., Усольцев А.А. Алгоритм диагностики дефектности отливок и структура АСУ их качеством // Литейное производство. 1992. № 4. С. 26, 27.
3. Князев С.В., Усольцев А.А., Чичков В.И. Шихов Е.А. Контроль и управление производства отливок по критерию их качества // Теория и практика литейных процессов: Труды Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию кафедры литейного производства СибГИУ / Под ред. И.Ф. Селянина, В.Б. Деева. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. С. 153 – 158.
4. Hastie, T., Tibshirani R., Friedman J. Chapter 15. Random Forests // The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – 2nd ed. – Springer-Verlag, 2009.
5. Википедия: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Random\\_forest](https://ru.wikipedia.org/wiki/Random_forest) (Дата обращения: 13.03.2015 г.).
6. Юрий Лифшиц. Метод опорных векторов (Слайды) – лекция № 7 из курса «Алгоритмы для Интернета»: <http://yury.name/internet.html> (Дата обращения: 13.03.2015 г.).
7. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. – М.: Наука, 1979. – 448 с.

© 2015 г. С.В. Князев, Д.В. Скопич,  
А.А. Усольцев, Е.А. Фатьянова  
Поступила 13 марта 2015 г.

УДК 621.011:539.52

*М.В. Филиппова, М.В. Темлянецв, В.Н. Перетьяко*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ТЕРМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ 08X18H10T\*

Точность расчетов энергосиловых параметров различных процессов обработки металлов давлением в значительной степени зависит от точности определения величины сопротивления деформации (напряжения течения). Значение напряжения течения зависит в общем случае от типа кристаллической решетки, химического состава, структуры, степени деформации, температуры и скорости деформации [1]. Влияние исходной структуры и ее изменение в процессе деформации может быть учтено через структурно-чувствительный фактор. Тогда для конкретной марки стали напряжение течения  $\sigma_T$  можно записать в виде

$$\sigma_T = \sigma_T(\varepsilon, u, T, C), \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – степень деформации;  $u$  – скорость деформации;  $T$  – температура;  $C$  – структурно-чувствительный фактор.

При больших деформациях (установившаяся стадия пластического течения) напряжение

течения и структура не зависят от степени деформации и однозначно определяются скоростью деформации и температурой:

$$\sigma_T = \sigma_T(u, T). \quad (2)$$

Проведено исследование кривых течения аустенитной стали марки 08X18H10T с содержанием 28 %  $\delta$ -феррита. Исследование образцов проводили методом растяжения при температурах от 800 до 1200 °С при скорости деформации от  $3,2 \cdot 10^{-2}$  до  $1,7 \cdot 10^{-1} \text{ с}^{-1}$ . Скорость деформации  $1,7 \cdot 10^{-1} \text{ с}^{-1}$  получена при испытании образцов на горячее скручивание [2].

Для изучения изменения микроструктуры при высоких температурах растяжение образцов из стали марки 08X18H10T проводили на установке высокотемпературной металлографии ИМАШ-20-75 «Ала-Тоо» [3]. Для испытания образец крепился в вакуумной камере. После откачки воздуха до остаточного давления  $6,7 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$  проводили нагрев и растяжение образцов. Нагрев образца до температуры от 800 до 1200 °С осуществлялся за счет пропускания через него тока промышленной частоты.

\*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ на 2014 – 2015 гг. (гос. контракт № 14-08-00686).

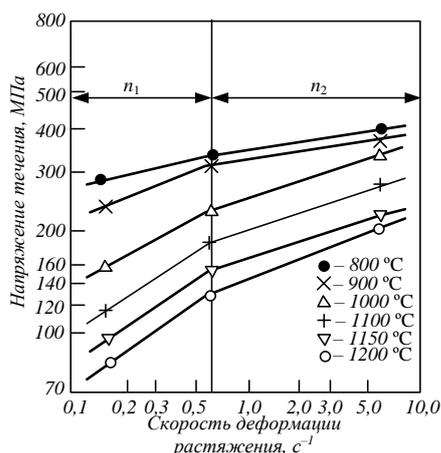


Рис. 1. Зависимость напряжения течения стали 08X18N10T от скорости деформации

Вакуумным травлением выявлялись границы зерен, деформацию которых можно наблюдать и фотографировать с помощью микроскопа МВТ-71.

Зависимость напряжения течения от скорости деформации в значительной степени определяет взаимоотношение конкурирующих процессов упрочнения и разупрочнения [1]. Скоростная зависимость  $\sigma_t - u$  может быть представлена в виде уравнения [1]

$$\sigma_t = A_1 u^n, \quad (3)$$

в котором  $A_1$  – коэффициент;  $n$  – скоростной показатель.

На рис. 1 представлена скоростная зависимость напряжения течения стали 08X18N10T.

Можно отметить увеличение напряжения течения с ростом скорости деформации и его снижение при увеличении температуры. При скорости деформации около  $0,5 \text{ c}^{-1}$  наблюдается перегиб линейных зависимостей. Таким

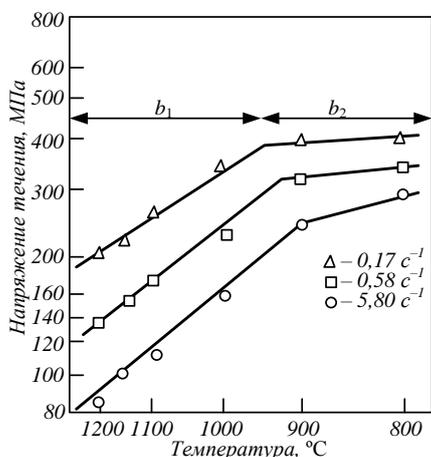


Рис. 2. Зависимость напряжения течения стали 08X18N10T от температуры

образом, на рис. 1 можно выделить два характерных участка: участок с большим показателем скоростной чувствительности напряжения течения  $n_1$  и участок с малым показателем скоростной чувствительности  $n_2$ . Ниже приведены значения показателя скоростной чувствительности для различных температур испытания:

$T, \text{ }^\circ\text{C} \dots$	800	900	1000	1100	1150	1200
$n_1 \dots \dots \dots$	0,19	0,24	0,24	0,31	0,32	0,36
$n_2 \dots \dots \dots$	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,15

Для анализа влияния температуры на напряжение течения применяют экспоненциальную зависимость [4]

$$\sigma_t = \sigma_0 \exp(b/T), \quad (4)$$

где  $\sigma_0$  – напряжение течения, экстраполированное до  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $b = Q/R$  – температурный коэффициент, град;  $Q$  – энергия активации, кДж/моль;  $R$  – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль·К);  $T$  – температура испытания, К.

На рис. 2 приведена температурная зависимость напряжения течения исследованной стали. Можно отметить увеличение напряжения течения с ростом скорости деформации и его снижение при увеличении температуры. При температурах  $900 - 950 \text{ }^\circ\text{C}$  наблюдается перегиб линейных зависимостей напряжения течения от температуры. В области высоких температур (выше  $900 - 950 \text{ }^\circ\text{C}$ ) температурная чувствительность напряжения течения характеризуется коэффициентом  $b_1$ . Чувствительность напряжения течения к изменению температуры в области температур меньше  $900 - 950 \text{ }^\circ\text{C}$  ниже и оценивается коэффициентом температурной чувствительности  $b_2$ . Влияние скорости деформации на коэффициент температурной чувствительности отражают следующие данные:

$u, \text{ c}^{-1} \dots \dots \dots$	0,17	0,58	1,70	5,80
$b_1 \cdot 10^3 \dots \dots \dots$	4,0	3,0	2,7	2,6
$b_2 \cdot 10^3 \dots \dots \dots$	1,1	0,2	0,2	0,2

Интервал исследованных температур и скоростей деформации для стали 08X18N10T может быть представлен в виде нескольких областей, которые характеризуются сочетанием различных по величине коэффициентов скоростной ( $n$ ) и температурной ( $b$ ) чувствительности напряжения течения (рис. 3).

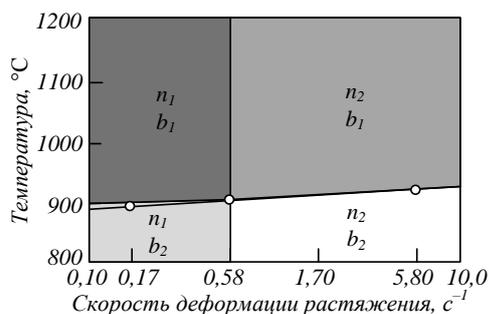


Рис. 3. Области значений температурного коэффициента и показателя скоростной зависимости стали 08X18N10T

При изучении механизмов, контролирующих деформацию, широко используются оценки активационных параметров [5], однако применительно к горячей обработке давлением двухфазных сталей такие исследования не проводились. Поэтому целесообразно проанализировать рассмотренные выше зависимости напряжения течения от температуры и скорости деформации с привлечением представлений о пластической деформации как о термически активированном процессе.

Модели, основанные на представлении об атермической пластической деформации, контролируемой переползанием дислокаций, подробно рассмотрены в работе [6]. Модели приводят к следующей зависимости между сопротивлением деформации (напряжением течения) и скоростью деформации:

$$u = \sigma_{\tau}^{n'} \quad (5)$$

В этой модели коэффициент  $n'$  имеет значение от 3,0 до 4,5. Сравнивая уравнения (3) и (5), можно отметить, что показатель степени  $n$  в уравнении (3) равен  $n = 1/n'$ . Таким образом, пластическая деформация атермична, когда значения коэффициента скоростной чувствительности находятся в интервале 0,22 – 0,33. Это область пластической деформации со скоростями менее  $5,8 \cdot 10^{-1} \text{ c}^{-1}$  при температурах выше  $850 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . На рис. 3 показано, что эта область характерна не только высоким коэффициентом скоростной чувствительности  $n_1$ , но и высоким коэффициентом температурной чувствительности  $b_1$  напряжения течения.

Наличие двух участков на графике зависимости  $\sigma_{\tau} - u$  позволяет предположить, что при низкой скоростной и температурной чувствительности пластическая деформация является термически активированным процессом. В области высоких скоростей (более  $5,8 \cdot 10^{-1} \text{ c}^{-1}$ ) и низких температур (ниже  $900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) существен-

ную роль играет атермическая деформация. Области, которые характеризуются парными коэффициентами  $n_1, b_2$  и  $n_2, b_1$ , являются переходными.

Для объяснения полученных результатов воспользуемся параметром Зинера-Холломона (3-X) – Z.

В условиях, когда с увеличением скорости деформации степенной закон (3) перестает быть справедливым, а на графике в координатах  $\sigma_{\tau} - T$  имеются перегибы, следует применять другой закон связи напряжения течения с температурой и скоростью деформации (7):

$$u = A_2 [\sinh(\alpha\sigma_{\tau})]^n \exp(-Q/RT). \quad (6)$$

Используя параметр Зинера-Холломона

$$Z = u \exp(Q/RT), \quad (7)$$

эту зависимость можно записать в виде

$$Z = A_2 [\sinh(\alpha\sigma_{\tau})]^{n^i}, \quad (8)$$

где  $A_2, n^i, \alpha$  – постоянные, не зависящие от температуры и напряжения.

Выражения (6) и (8) для больших напряжений течения – высокие скорости деформации или низкие температуры деформации – стремятся к уравнениям [7]

$$u = A_3 \exp(\beta\sigma_{\tau}) \exp(-Q/RT); \quad (9)$$

$$Z = A_3 \exp(\beta\sigma_{\tau}), \quad (10)$$

где  $A_3$  и  $\beta$  – константы, не зависящие от температуры и напряжения.

Для малых напряжений течения – низкие скорости деформации или высокие температуры деформации – выражения (6) и (8) стремятся к уравнениям [7]

$$u = A_1^i \sigma_{\tau}^n \exp(-Q/RT); \quad (11)$$

$$Z = A_1^i \sigma_{\tau}^{n^i}. \quad (12)$$

Многочисленные исследования горячей деформации металлов и однофазных сплавов показали [7, 8 и др.], что в тех случаях, когда деформация происходит путем термически активируемого скольжения дислокаций и энергия активации процесса деформации равна энергии активации самодиффузии, справедливы соотношения (6), (8) – (10).

С использованием методики [7] была рассчитана энергия активации горячей деформации стали 08X18H10T, которая является энергией активации самодиффузии и равна 86 кДж/моль. Приведенные ниже значения параметра  $Z$  для стали 08X18H10T рассчитаны с использованием этой величины и при различных температурно-скоростных условиях деформации:

Опыт	$u, c^{-1}$	$T, K$	$Z, c^{-1}$	$\sigma_T, MPa$
1	0,17	1073	$2,6 \cdot 10^3$	275
2		1173	$1,1 \cdot 10^3$	242
3		1273	$3,8 \cdot 10^2$	164
4		1373	$3,2 \cdot 10^2$	114
5		1423	$2,4 \cdot 10^2$	101
6		1473	$1,9 \cdot 10^2$	85
7	0,58	1073	$8,9 \cdot 10^3$	330
8		1173	$3,9 \cdot 10^3$	319
9		1273	$2,0 \cdot 10^3$	225
19		1373	$1,1 \cdot 10^3$	175
11		1423	$8,2 \cdot 10^2$	153
12		1473	$6,5 \cdot 10^2$	134
13	5,80	1073	$8,9 \cdot 10^4$	396
14		1173	$3,9 \cdot 10^4$	386
15		1273	$2,0 \cdot 10^4$	327
16		1373	$1,1 \cdot 10^4$	251
17		1423	$8,2 \cdot 10^3$	221
18		1473	$6,5 \cdot 10^3$	209

Зависимость  $\ln Z - \sigma_T$ , представленная прямой линией (рис. 4), свидетельствует о выполнении экспоненциального закона (10) и о независимости энергии активации от температуры и скорости деформации.

Далее были рассчитаны значения всех коэффициентов уравнения (8) [7]. Для стали 08X18H10T получили следующее уравнение для расчета параметра  $Z$ :

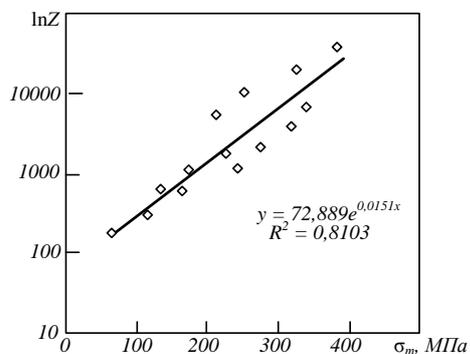


Рис. 4. Связь напряжения течения стали 08X18H10T с параметром Зинера-Холломона

$$Z = 2,0 \cdot 10^2 \left[ \sin h(1,0 \cdot 10^{-2} \sigma_T) \right]^{1,6} \quad (13)$$

Согласно данным работы [7], величина  $\alpha \sigma_T$  является граничной, так как она разделяет область, в которой справедлив степенной закон (12), от области, в которой справедлив экспоненциальный закон (10). Граничные значения напряжения течения для стали 08X18H10T и параметра Зинера-Холломона составляют соответственно  $\sigma_{тр} = 120$  МПа и  $Z_{тр} = 3,6 \cdot 10^2 c^{-1}$ . Расчеты показали, что большинство исследованных режимов деформации стали 08X18H10T удовлетворяют условию  $\ln \exp(Q/RT) = Z > Z_{тр}$ , когда деформация является термически активируемым процессом. Механизмами термоактивируемого скольжения при высоких температурах являются стяжка и поперечное скольжение расщепленных дислокаций. В области  $Z < Z_{тр}$  происходит атермическая деформация, которую определяют переползания дислокаций [7].

На основании полученных результатов построена уточненная диаграмма механизма деформации стали 08X18H10T (рис. 5). В этой диаграмме расширен экспериментальный интервал скоростей деформации. В правом углу рисунка при скоростях от 0,1 до  $10 c^{-1}$  приведена ранее рассмотренная на рис. 3 диаграмма механизмов деформации стали 08X18H10T. Видно, что чем выше температура деформации, тем больше скорость, соответствующая смене механизмов деформации. Сопоставление диаграмм рис. 3 и рис. 5 подтверждает предположение о том, что область с высокой скоростной и температурной чувствительностью является областью атермической деформации.

На рис. 5 кривая I означает пограничное значение параметра  $Z$  в зависимости от температуры и скорости деформации. Левее этой границы расположена область атермической деформации II, правее – область термически активируемой деформации I. Штриховыми линиями обозначены границы доверительного интервала параметра  $Z$ .

Изменение температурно-скоростных условий деформации вызывает изменение скоростного показателя  $n$  и температурного коэффициента  $b$  напряжения течения стали. Для чистых металлов и сплавов интенсивность динамического разупрочнения повышается

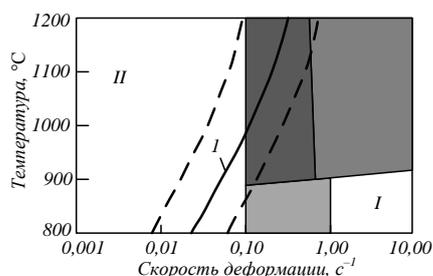


Рис. 5. Диаграмма областей термически активной деформации I и атермической деформации II

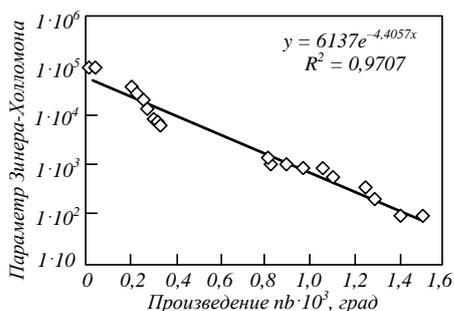


Рис. 6. Зависимость произведения  $nb$  от параметра Зенера-Холломона

с увеличением показателя  $n$  и коэффициента  $b$  [4, 9 и др.].

О совместном влиянии температуры и скорости деформации на интенсивность динамического упрочнения можно судить по величине произведения  $nb$ . На рис. 6 представлен график зависимости величины  $nb$  от параметра  $Z$  для стали 08X18N10T, из которого видно, что с уменьшением параметра  $Z$  интенсивность динамического упрочнения возрастает и принимает максимальное значение в области атермической деформации.

**Выводы.** Для стали 08X18N10T при температурах 800 – 1200 °C наблюдаются два значения скоростного показателя  $n$  напряжения течения. Для исследованной стали наблюдаются два температурных интервала с разными значениями температурного коэффициента  $b$ . Энергия активации горячей деформации в исследованном интервале скоростей и температур стали 08X18N10T является постоянной и составляет 86 кДж/моль. Граничное значение параметра  $Z$ , разделяющие области справедливости степенного (12) и экспоненциального (10) законов для исследованной стали, составляет  $Z_{cp} = 3,6 \cdot 10^2 \text{ с}^{-1}$ . Протекание атермической деформации возможно при высоких температурах и низких скоростях деформации. Определены интервалы температур и скоростей деформации, где формоизменение металла явля-

ется результатом термически активированного движения дислокаций. Интенсивность динамического разупрочнения, характеризуемого произведением скоростного показателя и температурного коэффициента  $nb$ , увеличивается при уменьшении параметра  $Z$ ; произведение  $nb$  принимает наибольшее значение в области атермической деформации.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. Физические основы пластической деформации. Учебное пособие. – М.: Металлургия, 1982. – 584 с.
2. Развитие теории и практики металлургических технологий: Монография в 3 т. / Под ред. В.Н. Перетяtko, Е.В. Протопопова, И.Ф. Селянина. Т. 2: Пластичность и разрушение стали в процессах нагрева и обработки давлением/ В.Н. Перетяtko, М.В. Темлянецв, М.В. Филиппова. – М.: Теплотехник, 2010. – 352 с.
3. Лозинский М.Г. Строение и свойства металлов при повышенных температурах. – М.: Металлургия, 1963. – 536 с.
4. Соколов Л.Д. Сопротивление металлов пластической деформации. – М.: Металлургия, 1963. – 284 с.
5. Термически активированные процессы в кристаллах: сборник статей / Пер. с англ.; под ред. А.Н. Орлова. – М.: Мир, 1973. – 312 с.
6. Бернштейн М.Л., Займовский В.А., Капуткина Л.М. Термомеханическая обработка стали. – М.: Металлургия, 1983. – 480 с.
7. Высокотемпературная пластичность кристаллических тел: переводное издание / Ж.П. Пуарье; пер. с франц. Г.Д. Стельмаковой; под ред. А.С. Кагана, С.С. Рыжак. – М.: Металлургия, 1982. – 272 с.
8. McQueen H.J. Deformation Mechanisms in Hot Working // J. Metals. 1968. Vol. 20. № 4. P. 31 – 38.
9. Соколов Л.Д., Скуднов В.А., Соленов В.М. Механические свойства редких металлов. – М.: Металлургия, 1972. – 288 с.

© 2015 г. М.В. Филиппова, М.В. Темлянецв,  
В.Н. Перетяtko  
Поступила 15 июня 2015 г.

*И.В. Воскресенский, Т.П. Воскресенская, Л.Ю. Николаева*

Сибирский государственный индустриальный университет

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ МАГИСТРАЛИ С ПОЗИЦИЙ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТРАН

Накопление интеллектуального потенциала человечества в последней четверти XX века позволило мобилизовать ресурсы передовых стран для решения ряда глобальных задач, таких, например, как:

– Всемирная энергетическая – для обеспечения мировому сообществу единого энергетического пространства;

– Всемирная информационная – для успешного функционирования единого информационного пространства;

– Всемирная транспортная (в настоящее время – многовидовая) – для обеспечения обслуживания мирового сообщества в едином транспортном пространстве.

Эти всемирные системы определяют успешное существование мирового сообщества как единого образования. Однако нерешенной остается главнейшая проблема – создание «Всемирной сухопутной транспортной системы», которая включает в себя соединение евроазиатского и американского континентов через Берингов пролив. Проект соединения евроазиатского и американского континентов Россия, США, а также Канада и Китай должны рассматривать как историческую задачу построения моста между целыми континентами и полушариями, как глобальную задачу строительства современного Мира.

Впервые идея соединения материков Северная Америка и Евразия железнодорожной паромной связью была высказана более ста лет назад губернатором штата Колорадо Уильямом Гилпиным (1890 г.). Союз тихоокеанских дорог США поддержал эту идею и включил ее в «План Харримана». Проект предусматривал передачу Россией американской стороне в полную собственность на 90 лет территории вдоль железной дороги шириной около 26 км от Якутска до Берингова пролива.

В апреле 1918 г. В.И. Ульянов-Ленин утвердил решение о строительстве железных дорог в восточных и северных частях РСФСР, в том числе к Берингову проливу. Такое решение было продиктовано двумя задачами: с од-

ной стороны, целью становится освоение богатейших природных ресурсов Дальневосточного региона и связанное с этим увеличение плотности населения, с другой, решение стратегической цели России – обеспечение территориальной целостности и экономической независимости Дальневосточных регионов страны. Однако в то время проект не мог быть реализован: ни технических, ни экономических возможностей для этого не было. Проект был заморожен, но своей актуальности он не потерял и в настоящее время [1].

Накопленный в течение XX в. опыт строительства крупных транспортных магистралей, прогресс в науке и технике создали техническую базу для разработки и воплощения глобальных проектов мирового масштаба с мобилизацией ресурсов одного или группы государств, в том числе, Всемирной сухопутной транспортной сети (соединения Евразийского континента с Америкой через Берингов пролив тоннелем).

Появившиеся технические возможности государств, заинтересованных в строительстве всемирной сухопутной транспортной сети, не решили проблемы ее реализации, так как интенсивное развитие мировых хозяйственно-экономических связей, основанных на логистических принципах товарного обращения, поставило вопросы об окупаемости, скоростях доставки грузов, финансовых инвестициях в добывающие отрасли и освоение ими рынков сбыта. Транспортный фактор приобретает все большее значение в международном товарообмене как в части скорости экономических процессов, надежности и сохранности грузов, так и в части доступности транспортной инфраструктуры при освоении природных запасов. Кроме того, наземный транспорт является мощным демографическим фактором, обеспечивающим приток трудовых ресурсов в развивающиеся Северо-Восточные и Дальневосточные экономические районы России и Северо-Западные районы Канады и Аляски [2].

Транспортно-логистический подход к проблеме привлекает внимание в рамках Русско-Американского Тихоокеанского Партнерства (РАТОП), идет оценка возможностей по консолидации и расширению северных торговых коридоров в этой части Тихого океана между США, Китаем и Россией. Это является одним из вариантов видения мира и политической воли, а не просто предметом анализа затрат и выгод. Проект перехода через Берингов пролив – это гораздо больше, чем просто экономика. Такой проект может быть сформулирован как глобальная инвестиция в мир и взаимную безопасность, которая приведет к твердым, долгосрочным экономическим преимуществам.

В Вашингтоне зарегистрирована Международная некоммерческая корпорация «Interhemispheric Bering Strait Tunnel and Railroad Group» (IBSTRG), российское название организации – «Трансконтиненталь» (ТКМ): президент Джордж Кумал, учредители с американской стороны – штат Аляска, Американская ассоциация железных дорог, Ассоциация малых народов, владеющая землей в районе Берингова пролива, крупные строительные, железнодорожные и консалтинговые компании.

Корпорация IBSTRG провела предварительные исследования и передала результаты правительствам России и США. Российско-американская комиссия «Гор – Черномырдин» рекомендовала поддержать программу исследований по проекту строительства трансконтинентальной магистрали как «имеющему большой потенциал ...». Проект был включен в состав приоритетных программ Комитета по сотрудничеству Стран Азиатско-Тихоокеанского Региона (АТР). Правительство США планировало выделить 10 миллионов долларов для IBSTRG на исследования по проекту «ICL – World Link» (ТКМ), но финансирование сорвалось. В итоге сумма так и не была перечислена, а проект в очередной раз заморожен.

В России проект по соединению России и США железнодорожным путем через Берингов пролив официально озвучен в принятой правительством РФ «Стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ на период до 2030 г.» [3]. Этот проект рассматривается как один из приоритетных и стратегически значимых. Таким образом, трансконтинентальная магистраль перешла из разряда потенциальных проектов в рамки реальной геополитики.

С целью лоббирования в США и России проекта строительства железнодорожной ма-

гистральной, соединяющей территорию США через Канаду, Аляску и Берингов пролив с Российской Федерацией, и тоннеля под Беринговым проливом в 2010 г. в штате Аляска зарегистрирована частная компания «ИнтерБеринг, ЛЛС». Эта компания конечной целью определила создание железнодорожной транспортной инфраструктуры, то есть сети межконтинентальных железных дорог Северной Америки – Евразии и соединение их с грузовыми и высокоскоростными магистралями США, Канады, России, ЕЭС, Китая и Японии. Компания «ИнтерБеринг, ЛЛС» планирует построить за свой счет туннель под Беринговым проливом и ввести в действие максимальное количество железнодорожной инфраструктуры на территории Аляски, Канады и России за счет акционерного капитала, а также участия в проектах строительства железных дорог стран, по территории которых будут проходить железнодорожные пути.

Кроме стран, проявивших заинтересованность в строительстве трансконтинентальной магистрали, свое положительное отношение к ней четко заявил Китай; его интересы в этом строительстве значительны. В мае 2014 г. Китай объявил, что рассматривает возможность строительства высокоскоростной железной дороги со своей территории в Соединенные Штаты. Предположительно линия пройдет из Северо-Западного Китая в Сибирь, затем через туннель под Тихим океаном на Аляску и далее – в Канаду, а оттуда в континентальную часть США. Общая протяженность железнодорожной трассы, уже получившей название «Китай, Россия плюс Америка» составит около 13000 км, что более чем на 3000 км больше Транссибирской магистрали, которая считается самой длинной железной дорогой в мире.

Специалисты по железным дорогам из Китайской инженерной академии заявили, что технологии для строительства такого тоннеля уже существуют, проект будет финансироваться и осуществляться непосредственно Китаем. Тем не менее Китай озабочен вопросом, кто будет железнодорожным оператором всей этой системы? Как она будет управляться? Если страны, по которым будет пролегать проектируемая железнодорожная сеть, не смогут договориться, последующее сотрудничество будет невозможным и бесполезным.

Несмотря на проявленные интересы к строительству ТКМ, до сих пор нет формализованных планов по строительству, эксплуатации и финансированию строительства железной дороги, хотя помимо экономических преимуществ видны вполне четкие стратегические,

политические и культурные выгоды от реализации такого проекта.

Реализация глобальных планов по строительству ТКМ будет бесконечно откладываться странами-участниками этого проекта по той причине, что подобная сеть с планируемым уровнем технической оснащенности не может существовать без соответствующей инфраструктуры, поэтому прежде всего должны «заработать» локальные проекты на региональном уровне, на территориях, находящихся в зоне тяготения ТКМ, основной целью которых является удовлетворение потребностей регионов в части их хозяйственно-экономического развития с перспективой интеграции в глобальную сухопутную транспортную сеть.

Реализация этих проектов наблюдается в коридорах предполагаемого трассирования ТКМ. В России запроектированы и строятся железные дороги, на первом этапе Беркакти – Томмот – Якутск (окончание строительства примерно в 2018 г.) с проектом совмещенного железнодорожно-автомобильного моста через реку Лена. Этот участок железной дороги (и параллельно ей автомобильной) является частью проектируемой ТКМ, при этом развитие транспорта в республике Саха предусматривает строительство пионерных железнодорожных линий, которые пройдут по местам залегания углеводородного, каменноугольного, железорудного, титанового, полиметаллического и золоторудного сырья и будут способствовать освоению промышленно-сырьевого потенциала малоосвоенных районов страны в рамках регионального проекта «Комплексное развитие южной Якутии» [3].

По другую сторону Тихого океана в 2007 г. властями Аляски и канадской территории Юкона было опубликовано обширное исследование под названием «Пути к Ресурсам и Портам». В нем авторы пришли к заключению, что строительство 1600-мильной линии Alaska-Canada Rail Link (ACRL), соединяющей Аляску и северную Британскую Колумбию, между существующими железными дорогами в Аляске и Канаде поощрило бы развитие добывающей отрасли и открыло бы новый торговый маршрут в Азию [4].

В исследовании «Пути к Ресурсам и Портам» предлагается подвести железнодорожное сообщение к портам на Аляске, Юконе и Британской Колумбии, что позволит экспортировать добытые здесь полезные ископаемые через Тихий океан в Китай, Южную Корею и Японию, и получить взамен грузы в контейнерах с товарами в обратном направлении. И

вместе с тем в проекте не предполагается железнодорожное сообщение через Берингов пролив. Вместо этого в нем рекомендуется решение «рельсы к портам», которое позволит получить доступ к рынкам для минеральных ресурсов.

Это локальный проект, который может стать на североамериканской стороне тем фундаментом, на котором будет возможно строительство и тоннеля под Беринговым проливом, и в целом ТКМ.

Губернатор штата Аляска Шон Парнелл предлагал строительство автомобильной дороги от города Фербенкс, куда подходит имеющаяся железная дорога Аляски, до города Ном на полуострове Сьюард и в направлении к Берингову проливу. Эта автодорога имела бы большое значение для организации снабжения стройматериалами работников строящегося тоннеля еще до прокладки к Берингову проливу железной дороги от Фербенкса. Таким образом, при формировании транспортной инфраструктуры Аляски, Юкона и Британской Колумбии предполагается ее стадийное политранспортное развитие, и это делает проект реально осуществимым.

Выводы. Приведенные примеры социально-хозяйственного развития регионов, расположенных в зоне тяготения ТКМ, показывают, что даже при отсутствии формализованных планов по строительству, эксплуатации и финансированию строительства политранспортной магистрали каждая из заинтересованных стран развивает ресурсную базу для интеграции в создание единого торгово-транспортного пространства, основой которого является политранспортная скоростная «Трансконтинентальная магистраль Евразия – Америка через Берингов пролив».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В о с к р е с е н с к и й И.В., В о с к р е с е н с к а я Т.П. Россия и всемирная сухопутная транспортная сеть // Вестник УрГУПС. 2014. № 4 (20). С. 26 – 31.
2. В о с к р е с е н с к и й И.В. К обоснованию концепции развития транспортной инфраструктуры районов Сибири и Дальнего Востока. Политранспортные системы. – В кн.: Тезисы УШ Международной научно-технической конференции в рамках года науки России – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск: изд. СГУПС, 2014. С. 20 – 22.
3. С о к о л о в М.Ю. О проекте государственной программы Российской Федера-

ции «Развитие транспортной системы» // Промышленный транспорт XXI век. 2012. № 5-6. С. 4 – 7.

4. М а н д а л я н Э. Грядет объединение материков // Наука и жизнь. 2008. № 13 (623). Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://russianbazaar.com/en/content/>

12152.htm (Дата обращения: 20 февраля 2015 г.)

© 2015 г. *И.В. Воскресенский,  
Т.П. Воскресенская, Л.Ю. Николаева*  
Поступила 24 февраля 2015 г.

*Е.В. Пугачёв, В.А. Корнеев, П.А. Корнеев*

Сибирский государственный индустриальный университет

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТЯХ СКВАЖИНЫ, ПРОБУРЕННОЙ ИЗ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Обеспечение безопасных условий труда при проведении подземной разработки месторождений полезных ископаемых – одна из ключевых задач, решаемых отечественной горнодобывающей промышленностью. Особую актуальность приобретает эта задача для Кузбасса – основного угольного региона страны.

Практика ведения горных работ в Кемеровской области, обеспечение роста добычи из очистных забоев и скорости проведения подготовительных выработок свидетельствуют о том, что повышение надежности определения физико-механических свойств вмещающих пород является одним из основных условий безопасного и высокопроизводительного труда.

Существующая в настоящее время отечественная приборная база геофизических исследований морально и физически устарела, а использование ее зарубежных аналогов препятствует инновационному развитию региона, а также приводит к зависимости горнодобывающих предприятий Кузбасса от мировой экономической и политической конъюнктуры.

Одним из перспективных направлений, обеспечивающих безопасные условия труда на

шахтах Кузбасса, является использование разработанной и предложенной коллективом кафедры электромеханики СибГИУ методики оценки прочности горных пород в окрестности скважины, пробуренной из горной выработки.

Разработанная методика, устройство для ее реализации и программное обеспечение позволяют посредством авторской математической модели напряженно-деформированного состояния горных пород определять свойства массива по результатам интерпретации диаграммы вдавливания индентора в стенку пробуренной в нем скважины.

Вдавливание индентора в стенку скважины при проведении исследований массива горных пород осуществляется устройством «Прочностномер ПСШ-1», которое конструктивно состоит из гидроцилиндра 1, насоса 2, рукава высокого давления 3, системы сбора данных 4, датчика давления 5 и тензометрического датчика, взаимодействующего с индентором прочностномера (рис. 1).

При проведении измерений устройство осуществляет запись диаграммы вдавливания

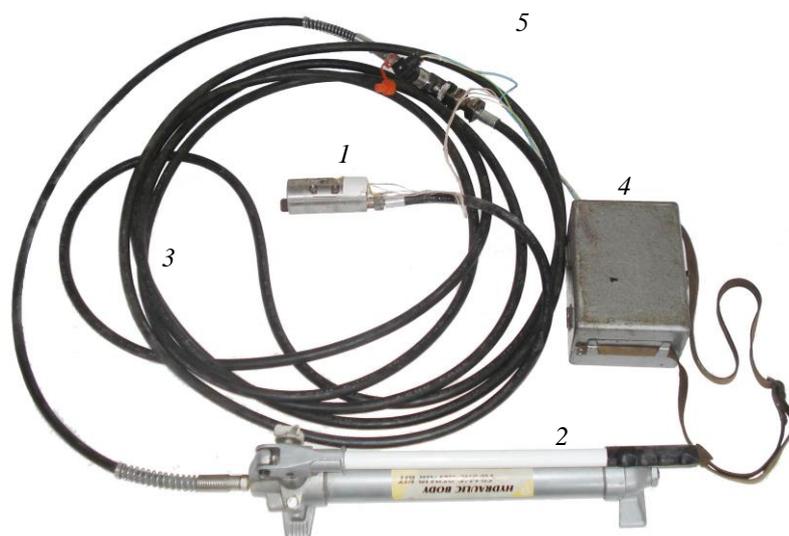


Рис. 1. Устройство «Прочностномер ПСШ-1»

индентора (рис. 2) на карту памяти, расположенную в системе сбора данных.

Интерпретация свойств массива горных пород по диаграмме вдавливания начинается с выделения этапов разрушения горной породы, отмеченных областями с резким падением давления в гидравлической системе прибора, а также определения усилий на инденторе и глубины его вдавливания на каждом этапе разрушения. Далее посредством разработанного пакета программ «Индентирование» v 1.0 [1] осуществляется математическое моделирование процесса вдавливания индентора в стенку скважины с расчетом предела прочности при одноосном сжатии и модуля упругости разрушаемой горной породы.

Тестирование устройства «Прочностномер ПСШ-1» и пакета программ «Индентирование» v 1.0 осуществлялось посредством проведения натурального эксперимента по вдавливанию индентора в стенку скважины в блоке, изготовленном из мелкозернистого бетона с заранее известными прочностными и деформационными свойствами. Для изготовления бетонного блока использовалась специальная опалубка (рис. 3). На рис. 3 цифрами обозначены: 1 – бетонный блок; 2 – распалубленная опалубка; 3 – трубный элемент, имитирующий скважину; 4 – специальное приспособление для извлечения из блока трубного элемента.

По завершению тестирования устройства «Прочностномер ПСШ-1» и пакета программ «Индентирование» v 1.0 проведена апробация разработанной методики в лабораторных условиях на образце мрамора с линейными размерами  $500 \times 150 \times 200$  мм, которая показала хорошие результаты.

Особенностью предложенной методики и устройства для ее реализации является возможность проведения исследований в широ-

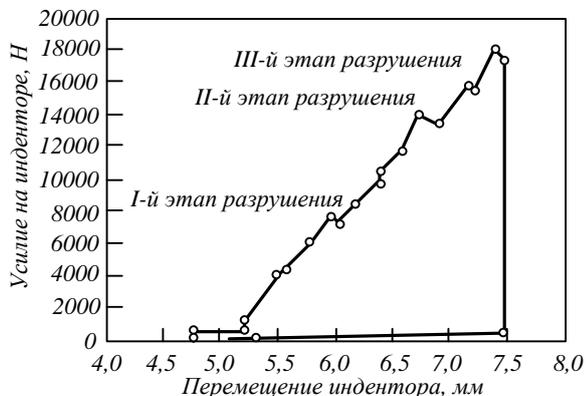


Рис. 2. Диаграмма вдавливания индентора в стенку скважины, полученная с карты памяти прочностномера ПСШ-1



Рис. 3. Блок с имитацией скважины

ком диапазоне горных пород по крепости, включая особо крепкие горные породы, за счет применения оригинальной запатентованной авторской конструкции гидроцилиндра [2]. Гидроцилиндр устройства (рис. 4) представляет собой конструкцию с тремя концентрическими полостями: входной *A*, кольцевой *B* и напорной *C*. Бесштоковый поршень *I* своими цилиндрическими поверхностями *D* и *E* взаимодействует с поверхностью входной *A* и кольцевой *B* полостей соответственно. В напорной полости *C* помещен нагрузочный поршень *2* со штоком *3*, который оснащен индентором *4*, взаимодействующим с горной породой *5*. Кольцевая полость *B* имеет гидравлическую связь с напорной полостью *C* через канал *6*. Каналы *7* и *8* предназначены для подвода рабочей жидкости во входную полость *A* гидроцилиндра и в штоковое пространство напорной полости *C*.

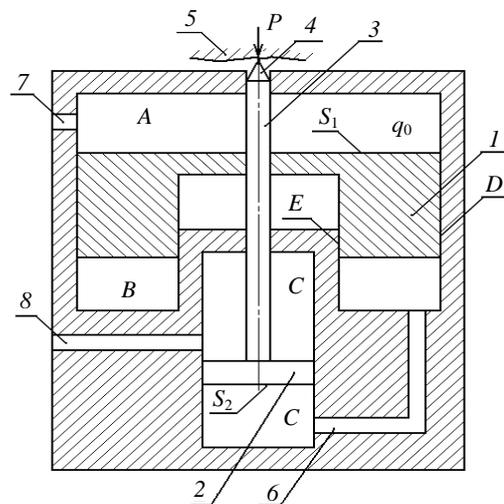


Рис. 4. Гидроцилиндр устройства «Прочностномер ПСШ-1»

Гидравлический цилиндр прибора позволяет достигать усиления нагрузки, с которой осуществляется воздействие индентора на горную породу, по сравнению с давлением подводимой жидкости в соответствии со следующей зависимостью:

$$P = \frac{q_0 S_1}{S_1 - S_2} S_2,$$

где  $P$  – усилие на инденторе;  $q_0$  – давление подводимой жидкости;  $S_1$  и  $S_2$  – площадь сечения бесштокового и нагрузочного поршней в гидравлическом цилиндре.

Из приведенного соотношения видно, что при стремлении площади  $S_2$  к площади  $S_1$  усилие  $P$  теоретически может достигать бесконечных величин, что позволяет изменением площади  $S_2$  достигнуть на инденторе усилий, гарантированно достаточных для внедрения индентора во все практически возможные для исследования особо крепкие горные породы. Спроектированная конструкция гидравлического цилиндра также может найти применение в различных системах гидравлического привода в условиях ограниченного рабочего пространства.

Разработанный пакет программ для ЭВМ «Индентирование» v 1.0, позволяющий осуществлять математическое моделирование процесса вдавливания индентора в стенку скважины, использует для расчета напряженно-деформированного состояния горных пород метод конечных элементов. Решение различных задач этим методом с достаточно высокой степенью точности требует выполнения значительного количества вычислений, наиболее ресурсоемкими из которых является решение системы линейных уравнений. В связи с этим для сокращения времени расчетов при моделировании был разработан алгоритм параллельного решения системы линейных уравнений методом исключения Гаусса применительно к сильно разреженным матрицам, имеющим ленточное строение [3].

Наличие в теле алгоритма циклов с независимыми итерациями позволяет осуществлять разбиение решаемой задачи на отдельные процессы и их выполнение в произвольном порядке различными процессорами используемой ЭВМ. При этом ленточное строение и сильная разреженность матрицы способствуют оптимизации вычислительных процессов посредством работы программы исключительно с ненулевыми элементами матрицы.

Сравнительный анализ эффективности использования предложенного алгоритма по сравнению с известными последовательными про-

граммными решениями (Л. Сегерлинд, А.Б. Фадеев [4, 5 и др.]) приведен на рис. 5, из которого видно, что использование разработанного алгоритма сокращает время расчета в среднем на 37 %. Данный алгоритм может быть успешно использован в различных программных продуктах, реализующих метод конечных элементов для расчета физических параметров изучаемого объекта.

Основываясь на взаимодействии с организациями по экспертизе промышленной безопасности в горной промышленности, научно-производственными компаниями, шахтами и разрезами, коллективу кафедры электромеханики удалось создать перспективный комплекс для оперативного контроля, прогнозирования и управления геомеханической обстановкой в горной выработке, способствующий повышению качества проектной документации, проведению профилактических мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в угольных шахтах.

Разработанная методика оценки прочности горных пород в окрестностях скважины, пробуренной из горной выработки, устройство для ее реализации и прилагаемое программное обеспечение рекомендованы к внедрению на угольных шахтах и карьерах ООО «ВостНИГРИ», ОАО «СибНИИУглеобогащение», ЗАО «Уралгормаш», а также получили положительные отзывы на семинаре компании Thyssen Krupp Fördertechnik (Германия) в Сибирском государственном индустриальном университете (рис. 6).

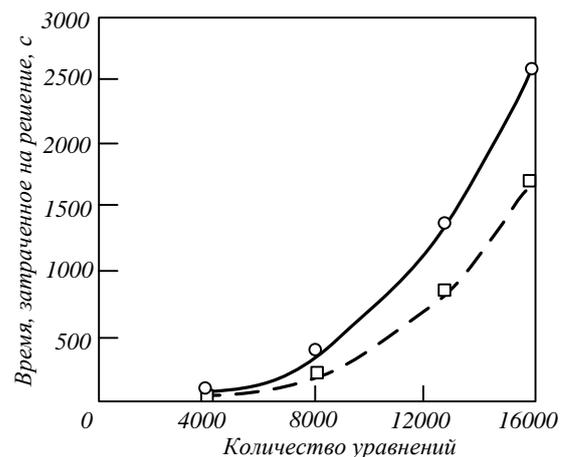


Рис. 5. Сравнительный анализ эффективности авторского алгоритма реализации расчетов на ЭВМ:  
 — — — известные последовательные алгоритмы;  
 - - - - авторский алгоритм

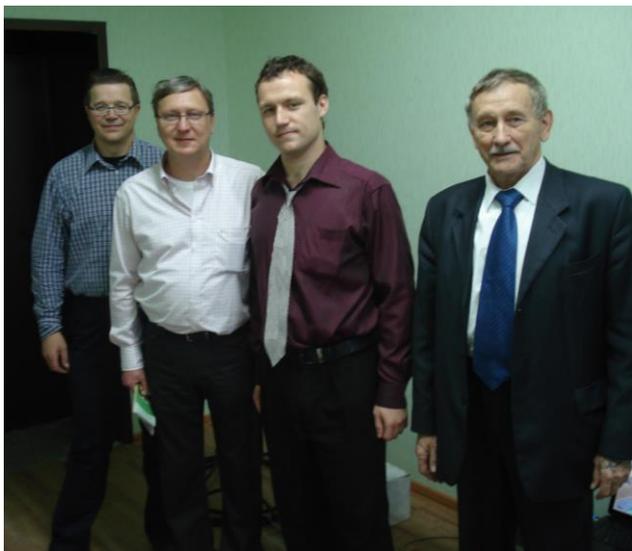


Рис. 6. Встреча представителей концерна Thyssen Krupp Fördertechnik с коллективом кафедры электромеханики СибГИУ

**Выводы.** Создан комплекс для оперативного контроля, прогнозирования и управления геомеханической обстановкой в горной выработке, способствующий повышению качества проектной документации, проведению профилактических мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в угольных шахтах. Коллективом кафедры электромеханики осуществляются работы по промышленной апробации разработанной методики, устройства

«Прочностномер ПСШ-1» и пакета программ «Индентирование» v 1.0 с их дальнейшей сертификацией и внедрением в производство.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2012612864 РФ. «Индентирование» v 1.0 / Корнеев В.А. № 2012610794; заявл. 08.02.2012; опубл. 22.03.2012.
2. Пат. 2433266 РФ, МПК E21C39/00, G01N3/40. Погружной измеритель крепости горных пород / Дворников Л.Т., Корнеев В.А.; заявл. 22.03.2010; опубл. 10.11.2011.
3. Корнеев В.А. Реализация высокопроизводительных методов вычислений в задачах геомеханики // ГИАБ. 2012. № 2. С. 383 – 385.
4. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.
5. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Пер. с англ. – М.: Мир, 1979. – 248 с.

© 2015 г. *Е.В. Пугачёв, В.А. Корнеев, П.А. Корнеев*  
Поступила 15 апреля 2015 г.

УДК 621.51:621.313

*Е.В. Пугачёв, М.В. Кипервассер, А.В. Герасимук*  
Сибирский государственный индустриальный университет

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ЦЕПИ ТОКА ПРИВОДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ АВАРИИ ТУРБОКОМПРЕССОРА

Турбокомпрессоры нашли широкое применение в химической, металлургической, горнодобывающей отраслях промышленности. Турбокомпрессоры – это центробежные компрессорные машины, используемые преимущественно при подаче больших объемов газа под давлением 0,15 – 1,00 МПа. Сжатие происходит за счет выброса газа рабочими колесами в радиальном направлении под действием центробежной силы. Для большей эффективности турбокомпрессоры делают многоступенчатыми: на общий вал насаживается

несколько рабочих колес, отделенных друг от друга диффузорами (рис. 1). Ступени расположены последовательно, давление сжимаемого газа возрастает от первой до последней ступени. Между некоторыми ступенями в теплообменниках происходит промежуточное охлаждение сжатого газа [1].

Турбокомпрессоры – ответственные и энергонапряженные агрегаты, подвержены воздействию значительных механических нагрузок. Мощность приводных синхронных двигателей может достигать 12,5 МВт и выше, частота вра-

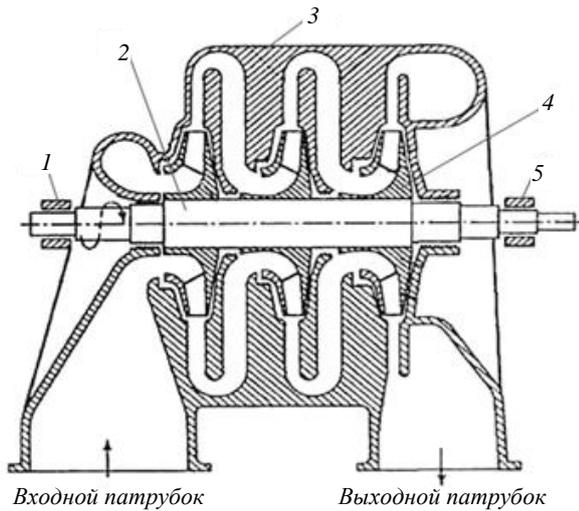


Рис. 1. Продольный разрез трехступенчатого турбокомпрессора:

1, 5 – подшипник; 2 – вал; 3 – диффузор; 4 – рабочее колесо

щения рабочих колес до 15000 об/мин. Как и любое техническое устройство турбокомпрессорный агрегат подвержен негативным последствиям эксплуатации: износу трущихся поверхностей, снижению прочности высоконагруженных частей вследствие усталости металла, разбалтыванию соединений из-за вибраций и др. Все эти факторы при негативном стечении обстоятельств могут привести к серьезной аварии. К характерным неисправностям турбокомпрессоров относятся нецилиндричность шейки валов, нарушение центровки валов, осевой сдвиг вала турбины, дефекты зубчатых соединений редуктора и соединительных муфт.

Обычно оборудование компрессорных станций работает в условиях периодического осмотра дежурным персоналом. Существующие технологические защиты контролируют ограниченный набор параметров (давление и температуру смазки подшипников, температуру газа в рабочих ступенях агрегата). Однако контроль этих параметров недостаточен для быстрого, оперативного выявления аварийных ситуаций. Неисправности выявляются с запаздыванием, а это усложняет контроль за их развитием и увеличивает тяжесть последствий. В таких условиях целесообразно задействовать все возможные методы контроля и защиты, в том числе косвенные. Один из известных способов диагностики состояния работающих агрегатов – контроль параметров приводного электродвигателя [2, 3]. Этот способ в достаточной мере пригоден для диагностики аварийных ситуаций турбокомпрессоров.

Рассмотрим с точки зрения возможной диагностики этим способом ситуацию осевого сдвига на примере воздушного турбокомпрессора К-250, рабочая частота вращения колес которого составляет 10925 об/мин, избыточное давление 810,6 кПа [4]. Машина приводится во вращение высоковольтным синхронным электродвигателем СТД-1600 мощностью 1600 кВт и частотой вращения 3000 об/мин через мультипликатор (редуктор, повышающий частоту вращения).

При осевом сдвиге происходит смещение вала турбины с последующим контактом рабочих колес с диффузором, и как следствие, разрушение колес и диффузоров. Осевой сдвиг вала происходит вследствие того, что турбокомпрессор (подобно турбореактивному двигателю самолета) развивает определенную реактивную силу тяги. Это вызвано забором воздуха рабочими колесами и его движением под давлением в осевом направлении. Под действием реактивной силы ротор компрессора может смещаться в осевом направлении, рабочие колеса при этом начинают соприкасаться с диффузорами турбокомпрессора и создают момент сопротивления вращению. Определим некоторые параметры, характеризующие аварийную ситуацию.

Реактивную силу турбокомпрессора можно определить по формуле [5]

$$F_p = P_{к.изб} S_{вс} = 8,106 \cdot 10^5 \cdot 0,283 = 229,192 \text{ кН},$$

где  $P_{к.изб}$  – избыточное давление турбокомпрессора;  $S_{вс} = \pi D_{вс}^2 / 4 = 0,283 \text{ м}^2$  – площадь сечения всасывающего трубопровода;  $D_{вс} = 0,6 \text{ м}$  – диаметр всасывающего трубопровода.

Сила трения колес о диффузор в случае их сдвига определяется по выражению

$$F_{тр} = F_p \mu = 229,192 \cdot 0,15 = 34,379 \text{ кН},$$

где  $\mu = 0,15$  – коэффициент трения стали о сталь.

Дополнительный момент сопротивления (увеличение нагрузки) на валу двигателя при аварии составит

$$M_n = F_{тр} \frac{D_{кт}}{2} \frac{n_k}{n_d} = 34,379 \frac{0,4}{2} \frac{10935}{3000} = 25,062 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где  $D_{кт}$  – диаметр колеса турбокомпрессора, м;  $n_k$  и  $n_d$  – частота вращения турбокомпрессора и двигателя, об/мин.

Мощность ( $N_k$ ), которая необходима для работы турбокомпрессора в номинальном ре-

жиме работы, определяется по известной формуле работы [6]

$$N_k = \frac{P_{\text{атм}} Q_k}{\eta_{\text{из}} \eta_{\text{м}}} \ln \left( \frac{P_k}{P_{\text{атм}}} \right) = \frac{101,325 \cdot 4,167}{0,7 \cdot 0,915} \times \ln \left( \frac{911,925}{101,325} \right) = 1448 \text{ кВт},$$

где  $P_{\text{атм}}$  – атмосферное давление, кПа;  $Q_k$  – производительность турбокомпрессора, м<sup>3</sup>/с;  $\eta_{\text{из}}$  и  $\eta_{\text{м}}$  – изотермический и механический КПД;  $P_k = P_{\text{к.изб}} + P_{\text{атм}}$  – конечное давление воздуха на выходе из турбокомпрессора, кПа.

Приведенный к валу двигателя момент сопротивления от турбокомпрессора, работающего в номинальном режиме, определяется по формуле

$$M_k = 9,554 \frac{N_k}{n_{\text{дв}}} = 9,554 \frac{1448}{3000} = 4,61 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

С учетом увеличения нагрузки полный момент сопротивления составит

$$M'_k = M_k + M_n = 4,61 + 28,195 = 32,805 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Номинальный момент двигателя СТД-1600 определяется по формуле

$$M_d = 9,554 \frac{N_d}{n_{\text{дв}}} = 9,554 \frac{1600}{3000} = 5,093 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где  $N_d$  – мощность двигателя, кВт.

Величина полного момента сопротивления, создаваемого турбокомпрессором, относительно номинального момента двигателя, составляет

$$M^* = \frac{M'_k}{M_d} 100 \% = 644 \%.$$

Перегрузка двигателя по моменту составит

$$M_{\text{п}}^* = \frac{M'_k - M_d}{M_d} 100 \% = 544 \%.$$

Для получения сведений о электрических параметрах электродвигателя в нормальном и аварийном режимах выполнено моделирование системы турбокомпрессор – электродвигатель – питающая сеть. При моделировании исследовали характеристики переходного процесса в сети, питающей электродвигатель, в

момент аварии турбокомпрессора. Для моделирования использовали программный комплекс Matlab Simulink. Для упрощения анализа переходного процесса принимали, что турбокомпрессор питается от системы электроснабжения неограниченной мощности. Авария моделируется ступенчатым изменением мощности нагрузки от номинальной мощности двигателя  $P_n$  до  $6,44 P_n$ .

Математическая модель электромеханического переходного процесса в цепи тока синхронного двигателя основана на уравнениях Горева [7]:

$$\begin{cases} \frac{d\psi_a}{dt} + r_a i_a + u_a = 0; \\ \frac{d\psi_b}{dt} + r_b i_b + u_b = 0; \\ \frac{d\psi_c}{dt} + r_c i_c + u_c = 0; \\ \frac{d\psi_r}{dt} + r_r i_r + u_r = 0; \\ M_m - M_{F_n} - \frac{3}{2} [M_d i_r i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] = 0, \end{cases}$$

где  $i_a, i_b, i_c$  и  $i_r$  – ток в контурах фазных обмоток статора и в контуре обмотки возбуждения;  $r_a, r_b, r_c$  и  $r_r$  – сопротивление контуров фазных обмоток и обмотки возбуждения;  $\psi_a, \psi_b, \psi_c$  и  $\psi_r$  – потокосцепление контуров фазных обмоток и обмотки возбуждения;  $u_a, u_b, u_c$  и  $u_r$  – напряжение фазных обмоток и обмотки возбуждения;  $M_m$  – момент нагрузки на валу двигателя;  $M_{F_n}$  – момент сил энергии;  $L_d$  и  $L_q$  – индуктивность машины по продольной и поперечной осям;  $i_d$  и  $i_q$  – продольный и поперечный ток статора;  $M_d$  – коэффициент.

Функциональная структура математической модели приведена на рис. 2.

Результаты моделирования аварии турбокомпрессора во времени ( $t$ ) представлены на рис. 3.

При указанном виде аварии турбокомпрессора в самом тяжелом случае, когда рабочие колеса с полной силой соприкасаются с диффузором, происходит семикратное увеличение тока в фазе статора; время протекания переходного процесса составляет 0,45 с. Величина отклонения тока позволяет зафиксировать его стандартными методами измерений и, тем самым, диагностировать аварийную ситуацию осевого сдвига вала турбокомпрессора.

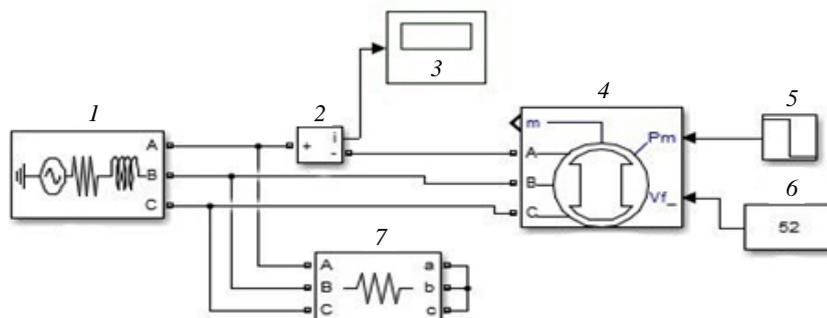


Рис. 2. Функциональная структура математической модели Simulink:

1 – энергосистема; 2 – блок измерения тока фазы; 3 – блок вывода графика тока; 4 – синхронный двигатель; 5 – блок имитации нагрузки двигателя; 6 – блок задания напряжения возбуждения; 7 – шунт 1 МОм (обязателен для правильной работы модели [8])

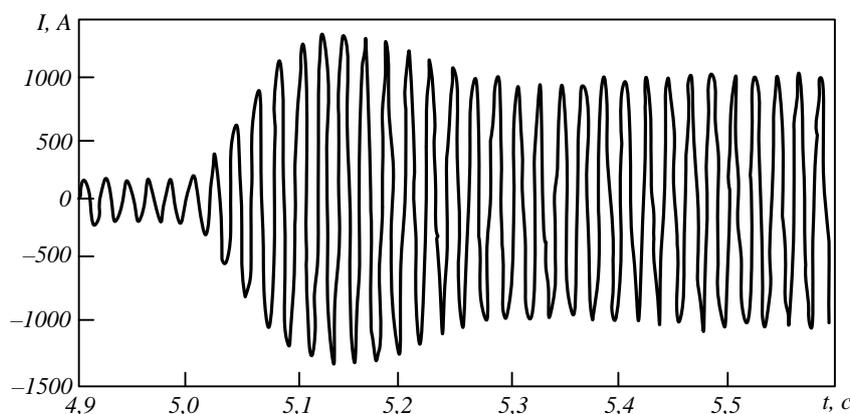


Рис. 3. Диаграмма тока ( $I$ ) в фазе двигателя в момент аварии турбокомпрессора

**Выводы.** Контролируя электрические параметры цепи приводного электродвигателя, можно диагностировать возникновение аварийных ситуаций в турбокомпрессоре на ранней стадии, что позволяет минимизировать последствия аварии.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Э к к е р т Б. Осевые и центробежные компрессоры / Пер.с нем.; пер. Е.С. Фролова, Б.Д. Захарова. – М.: ГНТИ машиностроит. лит., 1959. – 678 с.
2. П у г а ч ё в Е.В., К и п е р в а с с е р М.В., И н ж е л е в с к а я О.В. Методика автоматического распознавания аварийных ситуаций оборудования компрессорных станций // Вестник КузГТУ. 2011. № 4. С. 51 – 55.
3. П у г а ч ё в Е.В., К и п е р в а с с е р М.В., А н и к а н о в Д.С. Контроль работоспособности конвейерного транспорта посредством регистрации параметров элек-

тропривода // Вестник КузГТУ. 2013. № 3. С. 101 – 105.

4. Техническое описание. Компрессоры К500-61-1(2), К350-62-1, К250-61-1(2). – М.: TECHMASHEXPORТ, 2007. – 22 с.
5. Ш л и п ч е н к о З.С. Насосы, компрессоры и вентиляторы. – Киев: Техніка, 1976. – 368 с.
6. Б ы с т р и ц к и й Г.Ф. Основы энергетики: учебник. 3-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2012. – 352 с.
7. Г о р е в А.А. Переходные процессы синхронных генераторов. – М.: ГЭИ, 1960. – 551 с.
8. Ч е р н ы х И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.

© 2015 г. Е.В. Пугачёв, М.В. Кипервассер, А.В. Герасимук

Поступила 25 марта 2015 г.

*Е.В. Пугачёв, А.С. Иванов, П.Р. Нусратов, В.С. Иванов*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ЗАЩИТА МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ В АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

Матричные преобразователи частоты не получили широкого распространения в промышленности несмотря на очевидные преимущества перед другими видами преобразователей. Основная причина этому состоит в сложности практической реализации, отсутствии интегральных силовых полупроводниковых ключей, способных проводить ток в обоих направлениях и блокировать напряжения обеих полярностей в закрытом состоянии и ряд коммутационных проблем [1].

Трудности, связанные с управлением матричными преобразователями частоты, также являются преградой для их широкого промышленного внедрения. Эта проблема связана с отсутствием путей протекания токов в промежутках между периодами проводимости силовых ключей и необходимостью прерывания тока в индуктивных цепях [2]. В традиционных преобразователях частоты со звеном постоянного тока и инвертором эта проблема решается благодаря наличию обратных диодов в конструкции биполярного транзистора и звена постоянного тока, которые обеспечивают свободную циркуляцию тока в любой момент времени. Поэтому необходимо точно выбрать моменты коммутации и синхронизации управляющих сигналов для решения задачи безопасного переключения токов между транзисторами.

Матричный преобразователь частоты, как и любой статический преобразователь, необходимо защищать от перегрузок по току и от перенапряжений, которые способны привести к повреждению электронных полупроводниковых элементов [3]. Переходные перенапряжения являются следствием коммутации ключей инвертора, а всплески напряжения воздействуют на преобразователь со стороны питающей сети. При ошибках в системе управления может иметь место прерывание тока в обмотках электродвигателя. Такие сбои особенно опасны для матричных преобразователей частоты, не имеющих в отличие от традиционных преобразователей частоты с инвертором напряжения звена постоянного тока, поглощающего энергию помех через обратные диоды IGBT.

Существующие принципы управления матричным преобразователем частоты построены таким образом, что ни пути свободной циркуляции тока (как в традиционных преобразователях частоты с инвертором напряжения), ни снабберные цепи не нужны при нормальной работе преобразователя. Необходимость защиты силовых полупроводниковых ключей возникает при аварийном отключении матричного преобразователя частоты или из-за сбоя схемы управления в случае прерывания выходного тока.

В этой ситуации для предотвращения пробоя IGBT-транзисторов вследствие возникающих всплесков напряжения необходимо обеспечить замыкание цепи, питающей электродвигатель.

При пробое фазы на корпус и коротком замыкании входных или выходных фазных выводов может возникнуть перегрузка по току. В обоих случаях схема защиты должна отключать все транзисторы преобразователя посредством соответствующих сигналов с датчиков тока. При этом учитывается, что IGBT-транзисторы рассчитаны на определенный уровень разовой токовой перегрузки, и матричный преобразователь частоты снабжен блоком ограничения перенапряжений.

В работе [4] предложена первая версия схемы защиты матричного преобразователя частоты, состоящая из входного и выходного диодных мостов, электролитического конденсатора и цепей заряда и разряда конденсаторов (рис. 1).

Указанная схема содержит конденсатор, подключенный к входам и выходам преобразователя через диодные мосты. Устройство позволяет защитить все девять полупроводниковых ключей матричного преобразователя частоты от перенапряжений, образующихся на выходах при аварийном отключении преобразователя или приходящих со стороны питающей сети [5]. Энергия, запасенная в обмотках асинхронного электродвигателя, при прерывании тока перекачивается в конденсатор схемы защиты в соответствии с выражением

$$L \cdot I_2^2 / 2 = C \cdot U_2^2 / 2, \quad (1)$$

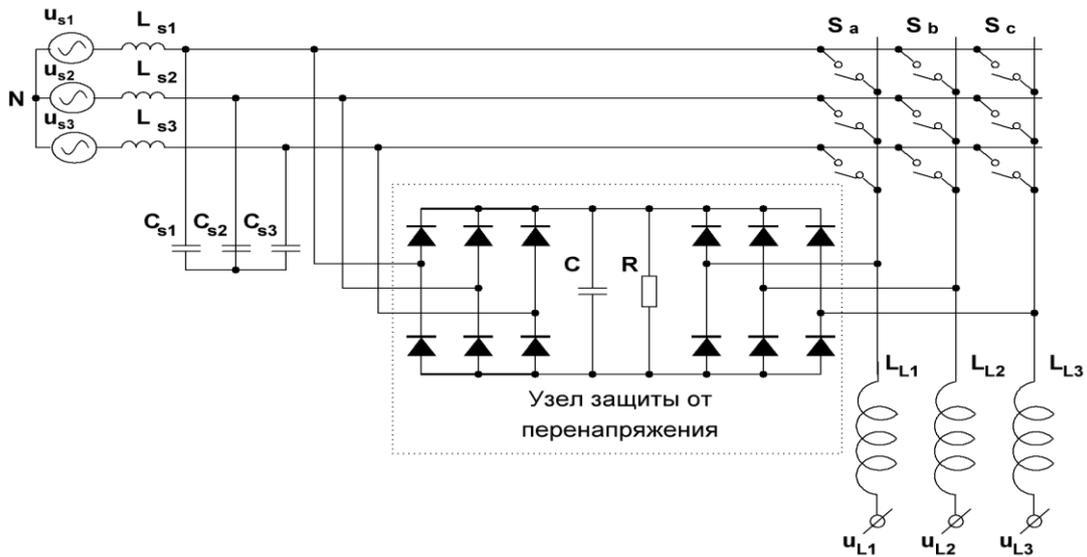


Рис. 1. Схема матричного преобразователя частоты с двенадцатидиодным узлом защиты

где  $L$  – индуктивность обмотки статора асинхронного электродвигателя;  $I_2$  – ток статора асинхронного электродвигателя;  $U_2$  – напряжение на конденсаторе схемы защиты;  $C$  – конденсатор схемы защиты.

Уровень перенапряжений при правильном выборе емкости узла защиты не превысит безопасного значения. Резистор необходим для разряда емкости конденсатора [6], напряжение на котором возрастает на каждом цикле коммутации.

Преимуществом такой схемы является ее простота и возможность защиты всех ключей

матричного преобразователя частоты с помощью одного емкостного накопителя. К недостаткам можно отнести необходимость установки двенадцати быстрых высоковольтных диодов, которые в принципе можно заменить на шесть двунаправленных ключей [7] или использовать шесть диодов (рис. 2). Кроме того, оптимальный выбор емкости здесь во многом зависит от характеристик электродвигателя.

Схема защиты матричного преобразователя частоты от перенапряжения и естественных коммутаций полупроводниковых ключей с шестью диодами приведена на рис. 2.

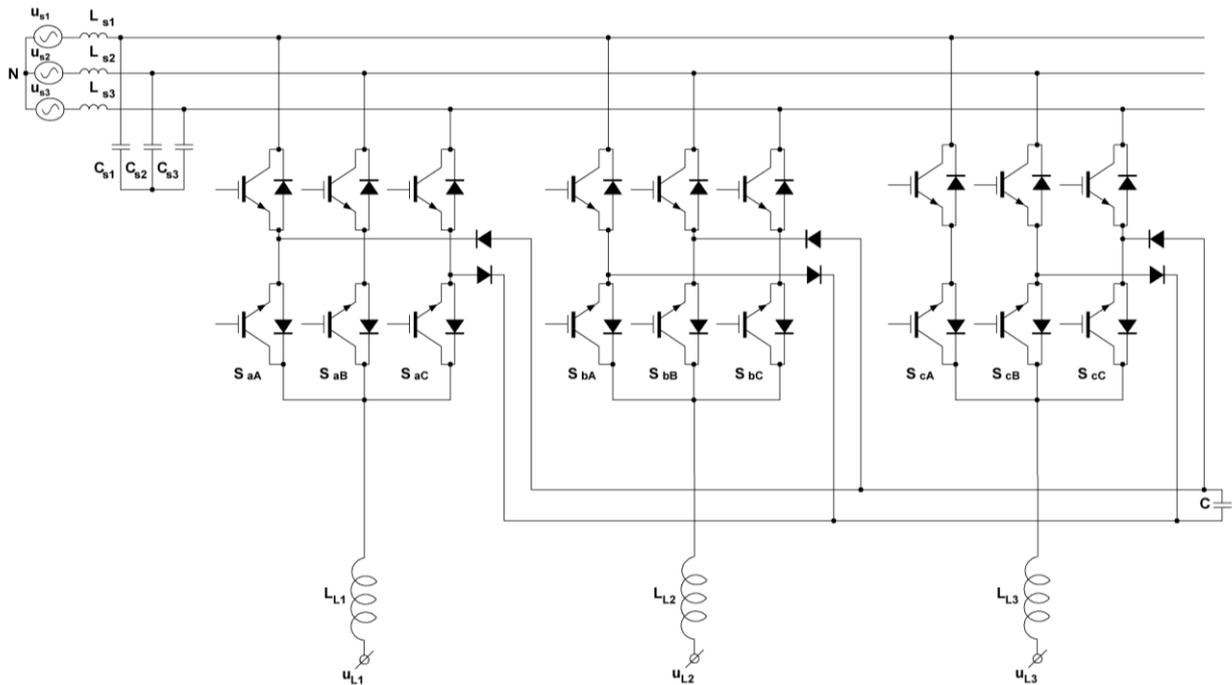


Рис. 2. Схема матричного преобразователя частоты с шестидиодным узлом защиты

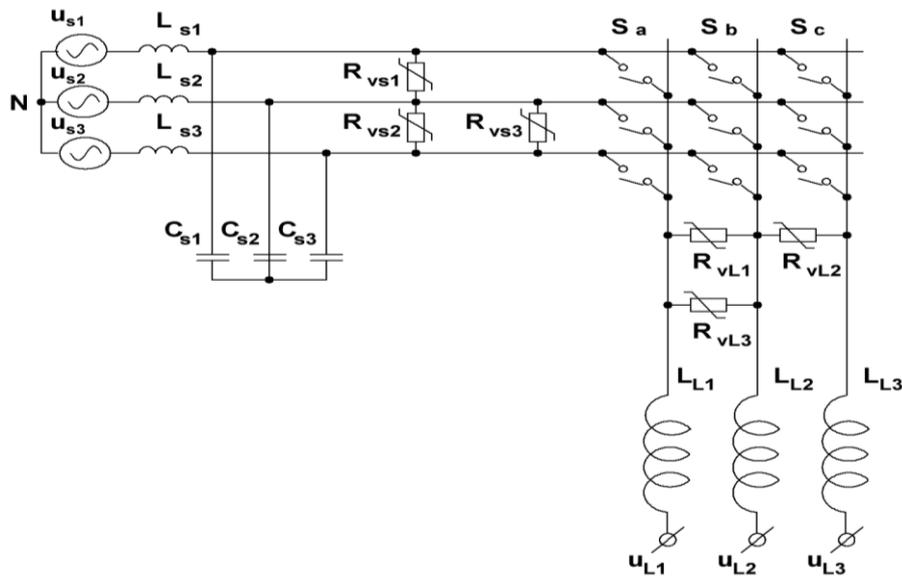


Рис. 3. Схема матричного преобразователя частоты с варисторным узлом защиты

В обеих схемах защиты имеющийся электролитический конденсатор большой емкости ограничивает срок службы системы управления.

На рис. 3 приведена простая схема защиты маломощных матричных преобразователей частоты с использованием на входе и выходе трех варисторов, включенных треугольником, однако она не эффективна для систем большой мощности [5]. Входные варисторы  $R_{vs1}$ ,  $R_{vs2}$ ,  $R_{vs3}$  обеспечивают защиту полупроводниковых ключей матричного преобразователя частоты от всплесков сетевого напряжения, выходные варисторы  $R_{vL1}$ ,  $R_{vL2}$ ,  $R_{vL3}$  обеспечивают защиту матричного преобразователя частоты при сбое системы и ошибках в период коммутации.

Наибольшую опасность для силовых цепей матричного преобразователя частоты представляют перенапряжения, вызванные отключением нагрузки.

Чтобы предотвратить вызванное этим событием нарастание напряжения до опасного уровня, необходимо обеспечить цепь протекания токов через обмотки электродвигателя. Поскольку уровень запасенной в обмотках энергии невелик, для ее поглощения могут быть использованы варисторы. При нормальной работе матричного преобразователя частоты мощностью, рассеиваемой варисторами, можно пренебречь. Однако такая схема не может гарантировать надежную защиту всех IGBT-транзисторов при аварийном отключении преобразователя. Опасность возрастает, когда уровень перенапряжения одних двунаправленных ключей достигает предельного значения с некоторой задержкой относительно других.

В этом случае отключаемые первыми IGBT-транзисторы подвергаются наибольшей перегрузкам, в результате чего они могут выйти из строя. Для предотвращения подобных ситуаций рекомендуется метод «самоограничения» [8], при котором транзистор открывается при достижении напряжения «коллектор – эмиттер»  $U_{КЭ}$  предельного значения (рис. 4).

При увеличении напряжения  $U_{КЭ}$  до уровня, определяемого стабилитроном (Z-диод), IGBT-транзистор открывается, замыкая таким образом цепь разрыва индуктивной нагрузки. Очевидным недостатком такого решения является резкое увеличение потерь мощности IGBT в линейном режиме. Кроме того, при отпирании транзистора возможно возникновение высокочастотного дребезга. В отличие от варисторного ограничителя этот вариант требует некоторой доработки схемы управления.

К преимуществам данного решения можно отнести отсутствие дополнительных мощных реактивных компонентов и диодов, а также компактность и низкую стоимость схемы защиты.

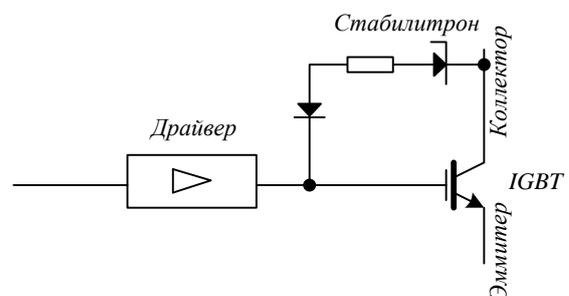


Рис. 4. Схема защиты матричного преобразователя частоты методом самоограничения

ты в целом. Выбор стабилизатора зависит только от класса IGBT и не связан с параметрами электродвигателя.

**Выводы.** Защита матричного преобразователя частоты в аварийных режимах требует особого технического решения, заключающегося в сокращении числа полупроводниковых элементов, как в конструкции самого преобразователя, так и в конструкции схем узлов защиты, что значительно повышает ее надежность. Вместе с тем решается проблема токовой коммутации силовых полупроводниковых ключей в интервалах между периодами проводимости. Присутствие узлов защиты в конструкции преобразователя решает задачу защиты полупроводниковых элементов от естественных коммутаций при аварийном отключении преобразователя или сбое системы управления. Кроме того, в процессе работы схема защищает полупроводниковые ключи от естественных коммутационных всплесков напряжения, образующихся на паразитных индуктивностях силовых шин.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нусратов П.Р., Пугачев Е.В., Иванов В.С. Матричный преобразователь частоты с улучшенной коммутацией. – В кн.: Труды шестой всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2014. С. 289 – 294.
2. Гельман М.В., Дудкин М.М., Преображенский К.А. Преобразовательная техника: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009. С. 318.
3. Ruzlaini Ghoni, Ahmed N. Abdalla S., Koh P., Hassan Farhan Rashag and Ramdan Razali. Issues of matrix converters: Technical review // International Journal of the Physical Sciences. 2011. Vol. 6 (15). Pp. 3576 – 3588.
4. Venturini M., Alesina A. The generalized transformer: a new bi-directional sinusoidal waveform frequency converter with continuously adjustable input power factor. In: Proceedings of IEEE power electronics specialists conference, PESC'80, 1980. Pp. 242 – 252.
5. Mahlein J., Bruckmann M., Braun M. Passive protection strategy for a drive system with a matrix converter and an induction machine // IEEE Trans. Ind. Electron. 2002. Vol. 49 (2). Pp. 297 – 303.
6. Andreu J., Kortabarria I., Ormaetxea E., Ibarra E., Martin J.L., Apinaniz S. A step forward towards the development of reliable matrix converter. // IEEE Trans Ind Electron. 2012. Vol 59(1). Pp. 167 – 183.
7. Nielsen P., Blaabjerg F., Pedersen J.K. New Protection Issues of a Matrix Converter: Design Considerations for Adjustable – Speed Drives // IEEE Trans. on Ind. Applications. 1999. Vol. 35. Pp. 1150 – 1161.

© 2015 г. Е.В. Пугачёв, А.С. Иванов,  
П.Р. Нусратов, В.С. Иванов  
Поступила 25 марта 2015 г.

*Н.Н. Алешин, Д.Н. Алешин, А.В. Колесников*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДАНИЯ В ГОРОДЕ НОВОКУЗНЕЦКЕ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ НОРМ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Целью настоящей работы является анализ результатов расчета здания с учетом сейсмических воздействий, разработка мероприятий по усилению строительных конструкций, анализ результатов расчета усиленного здания.

### *Расчет здания с учетом сейсмических воздействий*

Расчет здания выполняли с использованием программного комплекса SCAD.7.31.R. Общественное здание рассматривали как пространственную систему. Формирование расчетной схемы пространственной модели здания основывалось на материалах обследования технического состояния конструкций и изучении проектной документации, включая типовые серии проектных решений узлов и элементов.

Расчетная схема существующего здания представляет собой систему конечных элементов, состоящую из отдельных стержней (колонны, ригеля междуэтажного перекрытия, балки покрытия, ребра плит покрытия, элементы ферм) и вертикальных дисков балок-стенок (кирпичные перегородки, наружные стены). В используемой расчетной схеме были учтены дверные и оконные проемы, а также учтены конструктивные решения узлов примыкания ригелей к колоннам, решетки ферм к поясам и т.д. в виде жестких или шарнирных закреплений. Закрепление элементов здания с фундаментом в расчетной схеме обеспечено связями и представляет собой неподатливое соединение.

Расчетная схема здания, сформированная в расчетно-программном комплексе SCAD, представлена на рис. 1.

В расчетной схеме учтены следующие нагрузки:

- постоянная – вес конструкций и конструктивных элементов;
- временная длительная – эксплуатационная, принятая согласно действующих норм;
- кратковременная – снеговая, ветровая, технологическая на перекрытия по СП №

20.12330.2011 «Нагрузки и воздействия» (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07 – 85\* [1]);

– динамическая – сейсмическая.

Расчет здания проводили согласно СП № 20.12330.2011 «Нагрузки и воздействия» на «основное сочетание нагрузок», когда учитывали первые три вида нагрузок, и «особое сочетание нагрузок», когда учитывали все нагрузки. Воздействие динамической составляющей рассматривали в продольном, поперечном и вертикальном направлениях отдельно друг от друга с распределением инерционных масс по элементам.

При расчете пространственной модели здания приняты следующие допущения:

- одни типоразмеры (осевые) фактических линейных размеров элементов;
- вертикальные элементы (колонны, перегородки) в расчетных схемах – строго вертикальные;
- в узлах опирания балок покрытия на колонны с отклонением от разбивочных осей в пределах допустимого эксцентриситет опирания не учитывали;
- узел сопряжения железобетонного ригеля с колонной абсолютно жесткий;
- закрепление вертикальных конечных элементов (колонн) с основанием жесткое;
- плиты покрытия и плиты перекрытия по балкам покрытия и междуэтажным ригелям заменены стержневыми элементами с равномерным шагом, соответствующим ширине плит;
- ребра двух плит, расположенных рядом друг с другом, рассматривали как один конечный элемент, соответствующий жесткостным характеристикам обоих ребер;
- ослабления стен и перегородок дверными и оконными проемами учитывали уменьшением жесткостных характеристик конечных элементов стен.

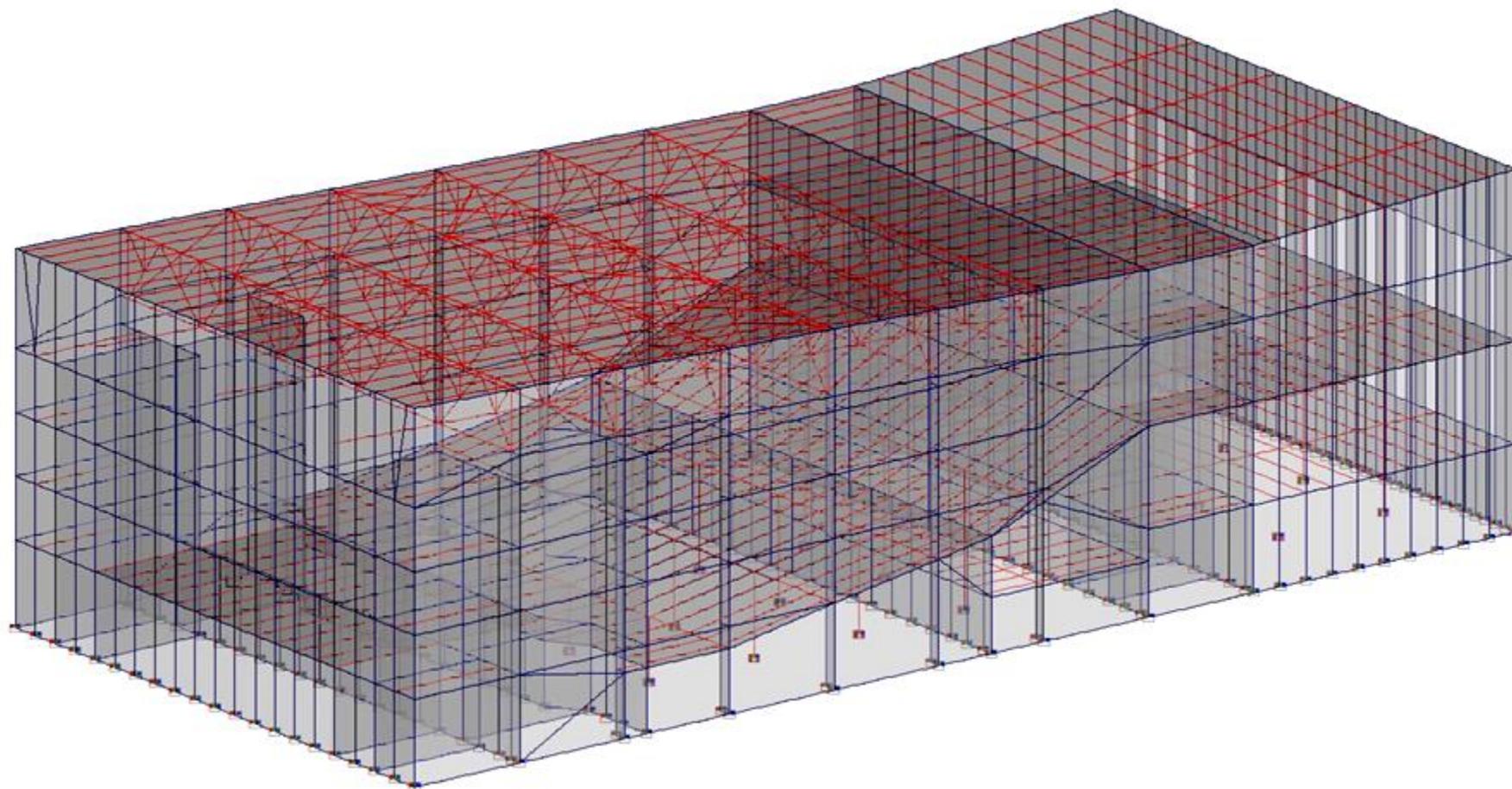


Рис. 1. Расчетная схема SCAD (вид по оси *E*)

### **Анализ результатов расчета здания с учетом сейсмических воздействий**

В результате статического и динамического расчетов пространственной схемы здания были получены следующие результаты:

– перемещение в продольном направлении здания достигает 27 мм при сочетании постоянной, временной, снеговой нагрузки и сейсмического воздействия в продольном направлении;

– в поперечном направлении максимальные перемещения наблюдаются в продольных наружных стенах в районе зоны опирания фермы по оси 7 и достигают 67 мм.

Несмотря на то, что горизонтальные перемещения от сейсмических воздействий отдельных конструкций и здания в целом в действующих нормах не рассматриваются, предельные перемещения от статических нагрузок не должны превышать  $h/500$ , что для данного здания составляет 27 мм (где  $h$  – высота здания).

Полученные при расчете значения горизонтальных перемещений от сейсмических воздействий превышают предельные нормативные перемещения при статической нагрузке в 2,5 раза.

Нетрадиционная конструкция вертикальных связей в виде отдельно стоящих наклонных распорок, соединяющих верхний узел первой фермы и нижний узел последующей, при сейсмическом воздействии вдоль здания приводит к выходу из плоскости ее верхних и нижних поясов в разные стороны, при этом закручивается ферма. Выход верхних поясов из плоскости ферм достигает 30 мм.

Общий вид деформации здания имеет сложную форму, наблюдаются перемещения узлов элементов, составляющих каркас здания. В целом происходит закручивание системы элементов относительно вертикальной оси, расположенной между осями здания 3 и 4 (рис. 2, 3), при этом в элементах конструкций возникают напряжения различных знаков; нормальные напряжения в элементах кирпичной кладки достигают в сжатых зонах 12,7 и 27,0 кг/см<sup>2</sup> в горизонтальном и вертикальном направлениях [2].

Согласно СНиП II-22 – 81 «Каменные и армокаменные конструкции» расчетное сопротивление сжатию кладки из кирпича марки 75 при использовании раствора марки 50 составляет 13 кг/см<sup>2</sup>. Возникающие в кладке напряжения от сейсмических воздействий превышают предельные нормативные значения в два раза. Однако необходимо отметить, что такие напряжения наблюдаются в основном в пилястрах наружных продольных стен в местах

опирания ферм. Присоединение элемента фермы к опоре кирпичной кладки пилястры по расчетной схеме точечное, этим и объясняются большие напряжения, которые фактически перераспределяются через опорную подушку.

Опасения вызывает нижняя часть пилястр: ее внутренняя часть испытывает растяжение. По расчету растягивающие напряжения достигают 6 кг/см<sup>2</sup>, что больше напряжений предельного состояния кирпичной кладки на растяжение в 7,5 раз. Таким образом, для восприятия растягивающих напряжений необходимо усиление кирпичной кладки пилястр.

В результате расчета были получены поля нормальных напряжений, возникающих в конструкциях здания. Для примера на рис. 4 представлены поля напряжений от воздействия сейсмической нагрузки в поперечной стене по оси 4 и наружной стене по оси E.

Необходимо отметить, что на участках стен, соответствующих участкам в расчетной схеме, где наблюдаются растягивающие напряжения, при визуальном осмотре были обнаружены трещины: в цокольной части здания и в двух верхних участках поперечной стены по оси 4. Можно предположить возможность появления трещин от растягивающих напряжений от воздействия сейсмической нагрузки в поперечной стене по оси 4.

В простенках между оконными проемами по наружной стене по оси 1 возникают растягивающие напряжения от воздействия поперечной сейсмической нагрузки. Основной причиной таких явлений являются сдвиговые деформации верхней части здания относительно нижней в процессе сейсмических колебаний.

В пилястрах актового зала растягивающие напряжения появляются в уровне перекрытия подвального помещения под зрительным залом вследствие отсутствия жесткого диска перекрытия.

### **Проектные решения по усилению строительных конструкций**

Необходимо провести следующие конструктивные мероприятия, которые обеспечат эксплуатационные качества, соответствующие нормативному уровню технического состояния как отдельных строительных конструкций, так и здания в целом (рис. 2, 3):

– создание металлического пояса и жесткого железобетонного диска в уровне перекрытия второго этажа;

– создание металлических поясов в поперечных стенах по осям 3, 4 и 11 в уровне перекрытия третьего этажа;

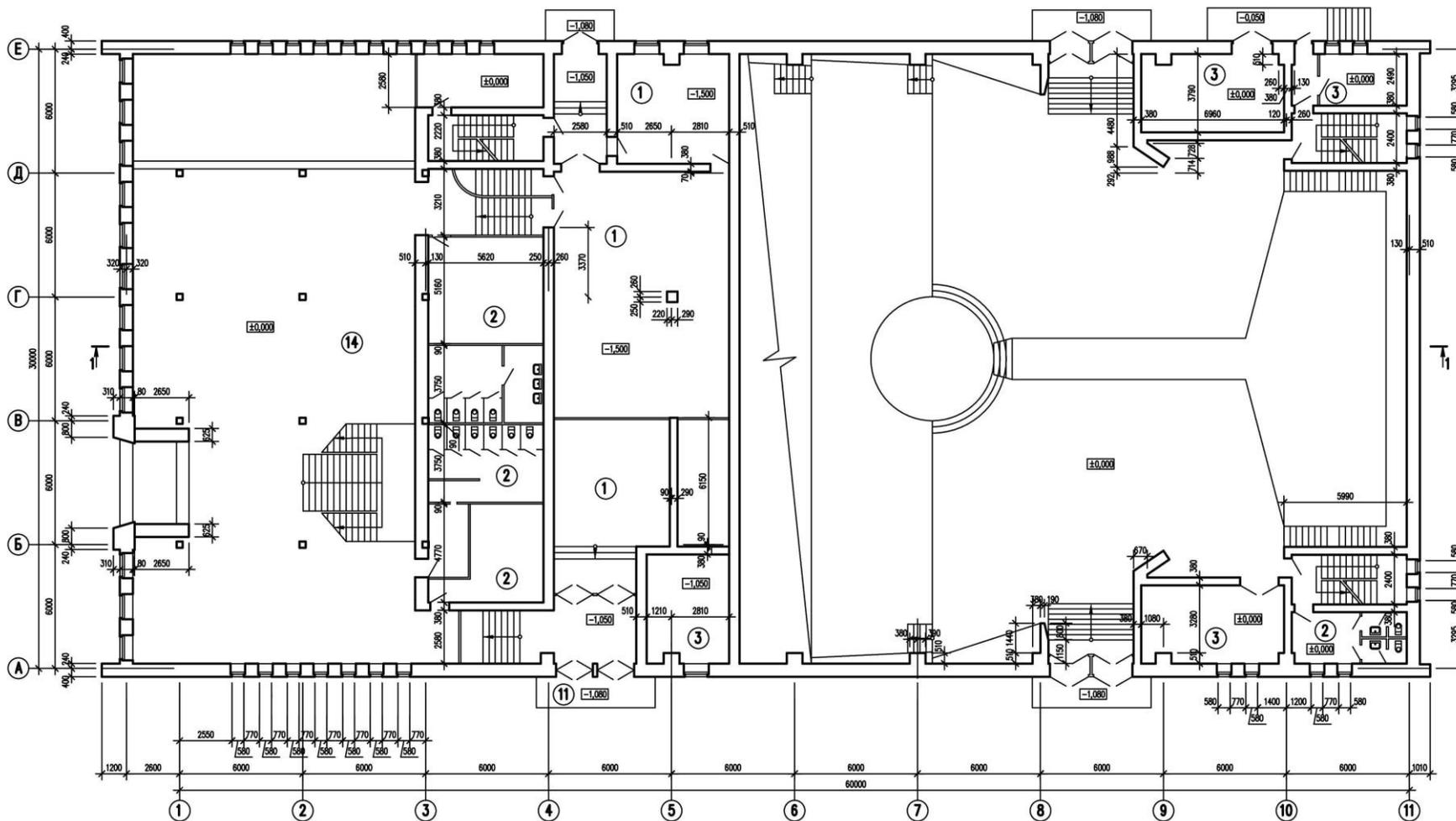


Рис. 2. План первого этажа

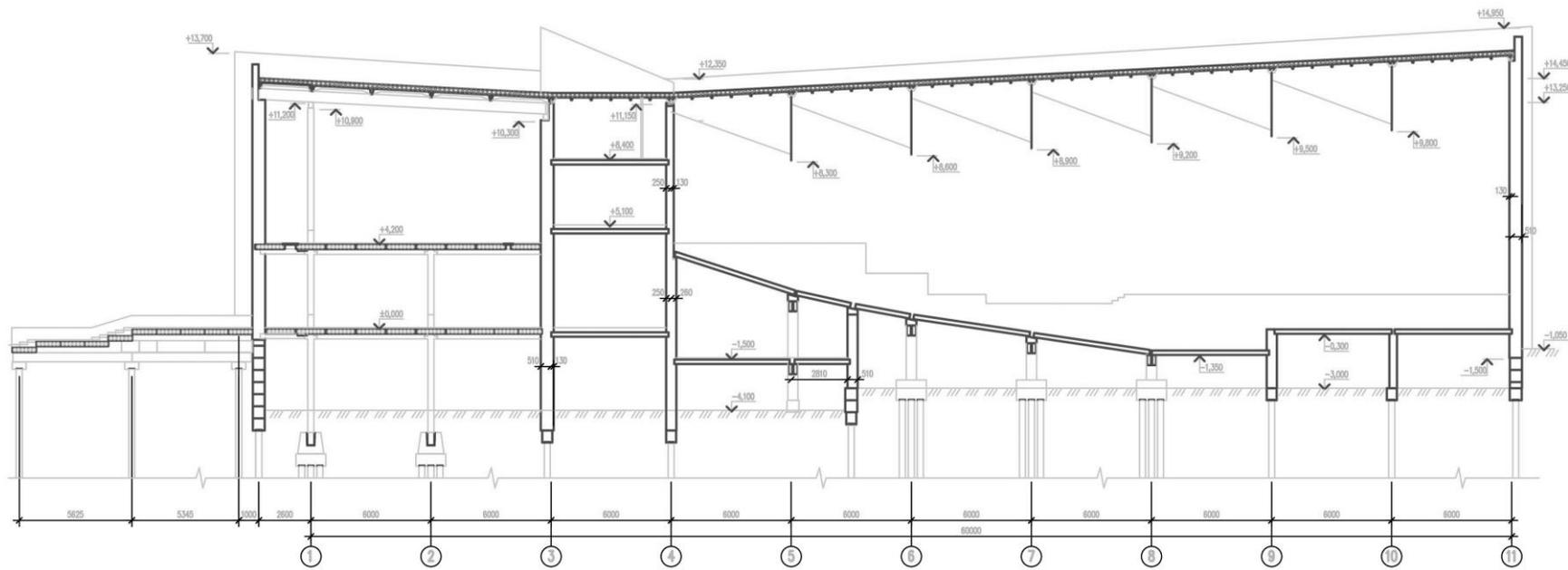


Рис. 3. Разрез 1 – 1

- создание жесткого железобетонного диска между осями 3 и 4 в уровне перекрытия третьего этажа;

- раскрепление нижних поясов стропильных ферм из их плоскости;

- устройство металлического пояса по периметру здания и жесткого железобетонного диска в уровне покрытия здания;

- усиление пилястр кирпичных стен актового зала;

- усиление простенков кирпичных стен между осями 1 и 3 по оси А и между осями 1 и 4 по оси Е и простенков по оси 1.

Создание металлического пояса и жесткого железобетонного диска в уровне перекрытия второго этажа осуществляется следующим образом: по периметру с наружной стороны здания устанавливается металлический швеллер № 24, с внутренней стороны кирпичной стены на перекрытие укладывается равнополочный уголок 100×100×10 мм, который соединяется со швеллером болтами диам. 24 мм с шагом 1000 мм. Такая конструкция представляет собой металлический пояс кирпичной стены по периметру здания. По плитам перекрытия укладывается сетка 200×200 мм из арматуры диам. 12 мм класса А400, которая приваривается к уголку металлического пояса по всей длине. Слой бетона класса В20 толщиной 80 мм укладывается по перекрытию непрерывным бетонированием. Для обеспечения совместной работы железобетонного диска с плитами перекрытия устанавливаются арматурные анкера, замоноличенные в пустоты плит, из стержней арматуры диам. 12 мм класса А400 с шагом 2×2 м.

Создание горизонтальных металлических поясов в стенах по осям 3, 4 и 11 в уровне перекрытия третьего этажа производится аналогично: швеллера по оси 3 располагаются на поверхности кирпичной стены со стороны оси 2, швеллер по оси 4 расположен со стороны оси 5, уголки укладываются на перекрытие между осями 3 и 4, диаметр болтов, стягивающих швеллер и уголки, принимается равным 24 мм, болты устанавливаются с шагом 1000 мм.

Создание жесткого железобетонного диска между осями 3 и 4 в уровне перекрытия третьего этажа выполняется аналогично: укладывается сетка 200×200 мм из арматуры диам. 12 мм класса А400, приваренная к уголкам; укладывается слой бетона класса В20 толщиной 80 мм. Совместная работа диска и плит покрытия обеспечивается установкой арматурных анкеров, установленных в пустоты плит. Производится раскрепление нижних поясов стропильных ферм из их плоскости в узлах нижнего

пояса закрепленных к швеллерам металлических поясов по осям 4 и к уголку по оси 11.

Устройство металлического пояса по периметру здания и жесткого железобетонного диска в уровне покрытия здания по конструктивному решению аналогично усилению перекрытия. Конструктивное решение усиления пилястр актового зала заключается в том, что по внешним углам устраивается обрамление уголком 100×100×10 мм, представляющее собой металлическую обойму пилястр и воспринимающую растягивающие напряжения в конструкциях от сейсмических воздействий.

Усиление простенков между оконными проемами по осям 1 – 3 оси А, осям 1 – 4 оси Е, по оси 1 выполняется в виде металлической обоймы из четырех внешних уголков 100×100×10 мм, соединенных между собой металлическими планками.

#### ***Расчет здания с учетом выполненного усиления строительных конструкций***

Согласно разработанным конструктивным решениям усиления элементов здания в расчетную схему были введены дополнительные конечные элементы в виде:

- плит – для создания жестких дисков в уровнях перекрытий второго, третьего этажей и покрытия;

- стержней – для создания распорок по нижним поясам ферм.

#### ***Анализ результатов расчета усиленного здания***

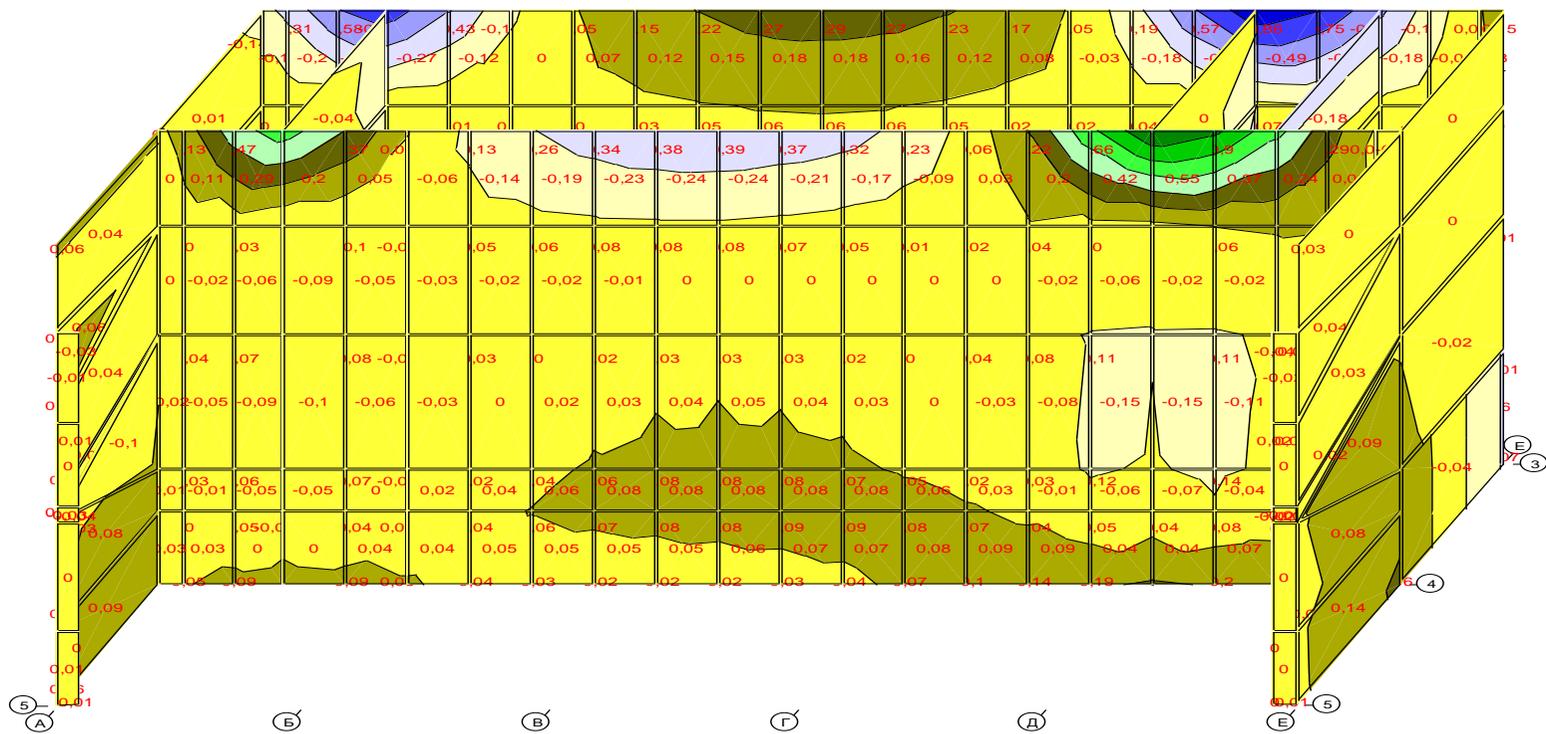
В результате статического и динамического расчетов пространственной схемы усиленного здания получены следующие результаты:

- максимальные перемещения в продольном направлении здания наблюдаются в уровне верха торцевой стены по оси 11 в средней ее части и достигают 7 мм при «особом сочетании нагрузок», что в четыре раза меньше значений перемещений до усиления;

- максимальные перемещения в поперечном направлении наблюдаются в продольных стенах в районе зоны опирания фермы по оси 7 и достигают 9 мм, что также меньше перемещений до усиления в 7,5 раза;

- устройство распорок по нижним поясам ферм, а также раскрепление их между железобетонным диском в осях 3 – 4 и металлическим поясом в наружной кирпичной стене по оси 11 препятствуют ее закручиванию из плоскости при действии сейсмических усилий;

- исчезли растягивающие напряжения в опасных сечениях кирпичной кладки.



NX (Kt/cm<sup>2</sup>). Загрузка 6

Рис. 4. Поля нормальных напряжений в поперечной стене по оси 4 и наружной стене по оси E, возникающие от воздействия сейсмической нагрузки

**Выводы.** Наибольшие горизонтальные перемещения верха наружных кирпичных стен возникают от сейсмических воздействий, максимальные перемещения от воздействий в поперечном направлении здания достигают 67 мм в продольной стене по оси 7, что превышает нормативные перемещения при статической нагрузке в 2,5 раза. Наибольшие сжимающие напряжения от сейсмических воздействий в кирпичной кладке возникают в вертикальном направлении и достигают  $27 \text{ кг/см}^2$ , что превышает нормативные значения расчетного сопротивления кирпичной кладки на сжатие ( $13 \text{ кг/см}^2$ ) в два раза. При работе здания в режиме сейсмических воздействий в отдельных сечениях кирпичной кладки (пилястры, простенки и др.) возникают значительные (до  $6 \text{ кг/см}^2$ ) растягивающие напряжения, что больше расчетного сопротивления кирпичной кладки по неперевязанному сечению на растяжение ( $0,8 \text{ кг/см}^2$ ) в 7,5 раза. Это свидетельствует о возможном появлении трещин и разрушении конструкций. С целью обеспечения эксплуатационной надежности отдельных конструкций и здания в целом от сейсмических воздействий необходимо проектную документацию дополнить следующими мероприятиями по обеспечению сейсмостойкости здания:

- выполнить металлические пояса в уровне перекрытия первого этажа и покрытия по периметру здания в уровне перекрытия второго этажа по длине поперечных кирпичных стен;

- создать железобетонные диски перекрытий первого и второго этажей и железобетонный диск покрытия;

- обеспечить закрепление нижних поясов стропильных ферм к железобетонному диску перекрытия второго этажа и к металлическому поясу по оси 11;

- выполнить усиление простенков и пилястр металлическими обоями. Расчет усиленного здания на «основное» и «особое сочетание нагрузок» с учетом реализованных вышеперечисленных мероприятий показал, что все расчетные параметры здания (горизонтальные перемещения и нормальные напряжения) кирпичной кладки не превышают предельных нормативных значений, что свидетельствует об эффективности принятых конструктивных мероприятий по обеспечению сейсмостойкости здания.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 20.13330 – 2011. Нагрузки и воздействия. Актуал. редакция СН и П 2.01.07 – 85\*. – М.: 2011. – 80 с.
2. Алешин Н.Н., Алешин Д.Н., Колесников А.В. Обследование технического состояния строительных конструкций общественного здания в городе Новокузнецке с учетом требований норм сейсмостойкого строительства // Вестник СибГИУ. 2015. № 1 (11). С. 67 – 76.

© 2015 г. Н.Н. Алешин, Д.Н. Алешин,  
А.В. Колесников

Поступила 24 февраля 2015 г.

*Ю.К. Осипов, О.В. Матехина*

Сибирский государственный индустриальный университет

## МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ФОРМЫ В ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Город как объект исследования, проектирования и эксплуатации постоянно находится в сфере деятельности многих специалистов: архитекторов и дизайнеров, социологов и экономистов, экологов и дендрологов, геологов и инженеров транспорта и т.д., задачей же градостроителей является координация усилий всех специалистов с тем, чтобы придать городу функциональную и структурную целостность. Эта работа проводится, в основном, на стадии исследования, проектирования и строительства. При этом уже построенный город как бы остается «без присмотра». А ведь именно теперь в нем начинается естественная жизнь «второй природы», идет освоение человеком предметно-пространственного окружения. Зарождаются традиции, формируются общественные типы поведения, определяются социальные и эстетические ценности.

Городская среда всегда уникальна по своему характеру не только в разных городах, но и в различных районах одного и того же города. Городская среда – это сложная функционально-пространственная система неразрывно связанных частей города. В этой системе равноправно взаимодействуют как здания и сооружения, так и пространство улиц, перекрестков и площадей. Кроме того, в эту систему входит множество других составляющих: от уникальных произведений монументально-декоративного искусства до стандартных элементов городского оборудования и благоустройства.

Одна из задач внешнего благоустройства – повышение разнообразия и художественной выразительности застройки и открытых озелененных пространств. Своеобразие, индивидуальность, сомасштабность городской среды в сочетании с озеленением обеспечивают такие средства внешнего благоустройства, как обработка поверхности земли (геопластика – террасы, подпорные стенки, лестницы, пандусы и т.п.), плоскостные сооружения (городские площади, транспортные развязки, детские и спортивные площадки), городской дизайн.

Одной из гибких составляющих являются малые архитектурные формы. Остановимся на них более подробно. Кроме жилых и общественных зданий, а также крупных техниче-

ских сооружений (мостов, путепроводов, башен), городскую среду формирует значительное количество сравнительно небольших по объему объектов как декоративного, так и утилитарного характера. Это «вещное» наполнение городских интерьеров и открытых пространств, обеспечивающее осуществление конкретных жизненных процессов.

Малые архитектурные формы по своему характеру и особенно стилевому решению являются наиболее изменчивым слоем предметно-пространственной среды. В число объектов, относимых к городскому дизайну, входит оборудование различных систем обслуживания города: коммунально-хозяйственных служб (скамьи, фонтаны, фонари и светильники, площадки для сбора мусора, туалеты и пр.), торговли и справочно-информационной службы (киоски, торговые автоматы, газетные и информационные стенды), связи (телефонные автоматы, почтовые ящики), транспорта (навесы у остановок, опоры контактной сети, светофоры, дорожные знаки) и т.д.

Малые архитектурные формы могут подчеркивать существующую городскую среду, являясь памятниками архитектуры, произведениями садово-парковой и ландшафтной архитектуры и скульптуры, внешнего благоустройства. Малые архитектурные формы, используемые для оформления улиц, магистралей, парков, скверов, дворовых территорий, должны подчиняться единому замыслу, только тогда они смогут в полной мере отразить своеобразие природных условий, национального колорита, неповторимость создаваемого объекта, а также соответствовать своему назначению.

Огромное множество объектов благоустройства города можно подразделить на следующие категории.

Малые архитектурные формы **декоративно-го** назначения: декоративные стенки, трельяжи и перголы, декоративные скульптуры, фонтаны и бассейны, беседки, малые мосты и т.п.

Малые архитектурные формы **утилитарно-го массового** использования: скамьи, урны, ограждения, указатели, лестницы, подпорные стенки, номерные знаки домов, торговые киоски, светильники, вазы для цветов и озеленения.

Малые архитектурные формы для **площадок отдыха, игрового и физкультурного** назначения: столы и скамьи, качели, карусели, стенки для лазанья, песочницы, пирамиды, плескательные бассейны, лианы, катальные горки и пр.

На ответственных участках устанавливают оригинальные художественные произведения. В пределах видимости малые архитектурные формы декоративного назначения не должны повторяться. Они могут быть разнообразны по форме, фактуре материала, цвету. Правильное расположение их с учетом вышесказанного позволяет создать эффект разнообразия даже при их массовом производстве.

Наиболее распространенным видом монументально-декоративного искусства в городе является скульптура, представляемая в различных вариантах.

На улицах и площадях, в местах славы выдающихся деятелей, писателей, художников, полководцев устанавливаются **памятники**. Чаще всего они выполнены в размерах, значительно превышающих реальные размеры человека. **Аллегорическая скульптура** передает содержание в иносказательной форме. **Символическая скульптура** – воплощение идеи в виде символа. Широко распространенные символы: голубь – символ мира; серп и молот – единство рабочих и крестьян; звезда и свастика – древнейшие символы, воспринимаемые в современном контексте. **Жанровая скульптура**, ставшая очень популярной в последнее время, представляет собой характерные бытовые сценки и наиболее часто применяется в жилой застройке. Жанровая скульптура может быть выполнена в виде барельефов на подпорных и декоративных стенках, может включать изображения животных, людей. Размер обычно на 17 – 20 % больше или меньше человеческого роста. Постамент для фигур людей выбирается так, чтобы смотреть на скульптуру снизу вверх, голова изображаемого человека должна быть выше глаз прохожих.

Для правильного размещения скульптурных объектов необходимо знать, что существуют два масштаба восприятия скульптуры в городе: первый масштаб – восприятие с большого расстояния, когда нет возможности рассмотреть ее детали (на площадях и улицах), воспринимается в движении; второй масштаб – в непосредственной близости. В этом случае скульптура прорабатывается детально, располагается в парках, скверах, жилой застройке.

Вечерняя подсветка скульптуры должна осуществляться без искажения формы объекта. Для этого используют светильники, расположенные на разной высоте, лампы мощностью 500 – 1000 Вт и более. Для освещения метал-

лических (золотых) скульптур используют натриевые лампы.

К городским декоративным сооружениям также относятся настенные памятные доски с барельефами, декоративное оформление глухих фасадов с помощью рельефных и мозаичных панно, мемориальные сооружения – мавзолеи. Особо важным является их цветовое и фактурное решение – лучше всего, если декоративное оформление решается еще на стадии проектирования основного объекта (фасада, комплекса площади и пр.).

Освещение архитектурных ансамблей и отдельных объектов (помимо обычного освещения улиц) используется для подчеркивания доминирующих в городской застройке ансамблей и зданий, мостов, создания более впечатляющего ночного силуэта города. Освещение должно быть рассчитано на различное восприятие – с разных точек, на разном расстоянии, стоя, в движении... Здания обычно освещаются заливающим светом с дополнительной подсветкой отдельных наиболее интересных фрагментов фасада. Для этого, помимо светильников, расположенных вне объекта (на противостоящих зданиях, в тротуарах, на земле – скрыто), используют дополнительные светильники, устанавливаемые непосредственно на объекте.

К сфере городского дизайна относятся также уличная мебель; оборудования различных площадок в жилых кварталах, скверах, парках; устройства для разграничения функциональных зон (ограды, барьеры между тротуаром и проездом и пр.). Этот перечень дополняют партерные объекты: фонтаны, танцевальные площадки и театральные арены.

Особая роль в формировании городского дизайна отводится водным объектам и зеленым насаждениям. Сама «природа» искусственной среды, состоящей сплошь из камня, бетона и стекла, нуждается в благоустройстве водоемов и озеленении.

Декоративным водоемам можно придать различную форму в плане, их глубина редко превышает 0,5 м. Чаша таких водоемов в большинстве случаев выполнена из железобетона с надежной гидроизоляцией, борта облицованы гранитом, известняком, мрамором, керамическими плитами.

Фонтаны часто сопровождаются скульптурой, в некоторых случаях могут быть оформлены с помощью водных растений. Основной композиции могут быть струи, образующие каскады, веера, различные построения, могут иметь цветовую подсветку в вечернее время, сопровождаться музыкой. Опыт проектирования и эксплуатации фонтанов показал, что

максимальная высота струи должна составлять не более половины диаметра чаши, в противном случае вода будет разбрызгиваться на окружающую площадку.

Осуществлять вечернюю подсветку фонтанов очень сложно, так как вода поглощает свет. Поэтому используют светильники, расположенные под водой, под струями, многоцветные, системы «цветомузыки»: лампы на глубине 10 – 15 см возле выхода струй; лампы под водосливом для каскадов; лампы в бортах бассейнов; освещение всего фонтана заливающим светом снаружи при мощности ламп 500 Вт и более.

К зеленым «сооружениям» относятся трельяжи, перголы, беседки, крытые аллеи и отдельно стоящие «зеленые» стенки (легкие сооружения из металла или дерева, обычно увитые вьющимися растениями). В городском благоустройстве широко и с большим эффектом используются просто зеленые насаждения: деревья, кустарники, цветы. Свободнорастущие и стриженные живые изгороди, иногда ступенчатого профиля, включающие как деревья, так и кустарники, по своим декоративным качествам не уступают самым дорогим материалам вплоть до полированного гранита. Ограждения из растений имеют еще одну немаловажную особенность – помимо своего основного назначения, они защищают пешеходов от пыли, выхлопных газов автомобилей и избытка солнечной радиации.

Новой городской реальностью являются парки у *порога*. Современный городской парк – это обустроенное пространство, где человек находит то, что давно потерял в техногенной среде. А мини-парк или парк у порога – это возможность получить «свой» глоток свежего воздуха, несколько шагов по зеленой траве практически у *дома*. Речь идет о проектировании небольших локальных рекреаций, где нет привычных беседок, аттракционов и других шумных площадок, где дорожка, ведущая от дома, плавно переходит в тропинку, по которой можно пройти, наблюдая за линиями естественного или искусственного рельефа, любуясь цветущими многолетниками.

В мини-парке есть все, что нужно человеку для отдыха, на любой вкус и в шаговой доступности. Есть участки для массового пребывания горожан, зоны для индивидуального отдыха, игровые площадки для детей.

Природные и архитектурные акценты делают парковое пространство интеллектуально насыщенным и разнообразным, удобная дорожно-тропиночная сеть позволяет практически круглогодично пользоваться рекреационной зоной маломобильным группам населения,

художественное освещение гарантирует посетителям не только безопасность в вечернее время, но и эстетическое удовольствие от продуманного цвето-светового эффекта. Отправной точкой любого проекта парковой территории следует считать уважение человека к окружающей среде и его желание найти природу вблизи своего дома.

Для озелененных участков городской территории обычно используют три типа декоративного освещения: всей фасадной части объекта «*заливающим светом*» – используется для освещения входов в парки, подсветки аттракционов, сооружений, зеленых насаждений, цветников, скульптуры, иногда фонтанов и т.п.; подсветка *фона* – выделение контура; подсветка *фрагментов* – создание выразительного силуэта; освещение «*на просвет*».

В освещении парков часто используют чередование освещенных и темных участков – контрастность лежит в основе всякого зрительного восприятия. Отдельные деревья и кустарники освещаются одновременно заливающим светом и подсветкой снизу – создание эффекта «светящегося дерева». Светильники устанавливают под кроной. Отдельные крупные деревья могут быть освещены сбоку – на фоне большого темного массива зелени. Подсветка цветников использует чаще всего обязательно белый свет, что позволяет избежать искажения цвета растений.

В последние годы на кафедре архитектуры СибГИУ ведется планомерная работа по внедрению в предметно-пространственную среду г. Новокузнецка дизайнерских разработок малых архитектурных форм с привлечением студентов, что положительно воспринимается городской общественностью.

**Выводы.** Городская среда всегда агрессивна по отношению к человеку. Задача архитекторов, ландшафтных дизайнеров сбалансировать функционально-пространственную систему города через использование природных и искусственных зеленых пространств, водных объектов, малых форм, что наверняка вызовет интерес человека к местам, где он живет, учится, работает, воспитывает детей и т.д.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Я р ы г и н З.Н. Эстетика города. – М.: Стройиздат, 1991. – 336 с.
2. Х а с и е в а С.А. Архитектура городской среды. – М.: Стройиздат, 2001. – 200 с.

© 2015 г. Ю.К. Осипов, О.В. Матехина  
Поступила 3 февраля 2015 г.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 62-83-52:622.445

*А.С. Иванов, А.Т. Мещерин, Ю.А. Мещерина, Е.В. Пугачёв, Э.Е. Пугачёва*

Сибирский государственный индустриальный университет

### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК

Научная школа «Информационно-материальные технологии в электромеханических системах горно-металлургического комплекса» в составе сотрудников ООО Научно-производственной фирмы «ИНТЕХСИБ», кафедр электромеханики, электротехники и электрооборудования СибГИУ работают на рынке товаров, работ и услуг для горнорудной промышленности. В начале работа осуществлялась в составе Научно-исследовательского сектора Сибирского металлургического института (1993 – 1995 гг.), затем с 1995 по 2004 гг. – в Кузбасском филиале Инженерной Академии России – в лаборатории «Рудничное электрооборудование».

В 2004 г. было зарегистрировано предприятие ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ» (инновационные технологии Сибири), которая посредством тендеров выполняет работу на предприятиях Кузбасса в филиалах ОАО «Евразруда» – Горно-Шорский (пос. Шерегеш), Казский (пос. Каз), Таштагольский, а также ОАО «ЮжКузбассуголь» – шахта «Есаульская». Помимо этого, работы ведутся в республике Казахстан – Соколовско-Сарбайское горнообогатительное производственное объединение; Лисаковский ГОК (Кустанайская обл.); ш. «Юбилейная» (Актюбинская обл.); ш. Западный Каражал (Карагандинская обл.).

Одним из основных направлений сотрудничества Научно-производственной фирмы «ИНТЕХСИБ» с предприятиями Кузбасса является оснащение вентиляторов главного проветривания и газоотсасывающих установок автоматизированными системами контроля и управления.

Первым опытом в этом направлении явилась работа на шахте Казского филиала по разработке и внедрению плавного запуска синхронного электродвигателя вентиляторной установки ВОД-40 и мониторинга параметров по контролю и управлению. Необходимость плавного запуска мощного синхронного электродвигателя вызвана тем, что при его вклю-

чении из-за больших пусковых токов, достигающих семи номинальных значений, возникает просадка напряжения в высоковольтной сети рудника. Это особенно опасно для электропотребителей первой категории (шахтные подъемные установки).

Для обеспечения плавного запуска синхронного электродвигателя разработан специальный комплект аппаратуры на основе индукционного ступенчатого регулятора напряжения (автотрансформатор) и трехфазного вакуумного выключателя.

В результате анализа существующих систем пуска установлено, что тиристорный преобразователь мало пригоден для этой цели ввиду чувствительности к грозовым перенапряжениям и высокой стоимости (в несколько раз дороже предложенного электрооборудования). Кроме того, в режиме регулирования сильно искажается форма тока, что приводит к сбоям в работе электрооборудования этого узла.

Разработанное устройство плавного запуска синхронного электродвигателя вентиляторной установки ВОД-40 состоит из автотрансформатора мощностью 630 кВА и напряжением 6,0/3,2 кВ, станции трехфазных сертифицированных вакуумных выключателей, системы управления этой станцией и защит от перенапряжений.

Предлагаемая система плавного запуска ограничивает пусковой ток на фазе разгона с 1200 до 300 А. Длительность пуска синхронного электродвигателя составляет до 90 с и зависит от фактической скорости вращения электродвигателя. Перед вхождением электродвигателя в синхронизм на короткое время (в течение 3 – 4 с) появляется бросок тока до 400 А, который затем снижается до 35 А (в 4,3 раза ниже номинального тока), что обеспечивается регулированием тока возбуждения синхронного электродвигателя.

Разработанный «Комплект электрооборудования для управления приводом вентилятора с высоковольтным синхронным электродвигателем» имеет сертификат соответствия (реги-

страционный номер РОСС RU.МТ02.ВО1174) и награжден дипломом «Серебряная медаль» выставки-ярмарки «Уголь России и Майнинг» в 2008 г.

Комплект электрооборудования можно использовать при температуре окружающего воздуха от  $-10$  до  $+40$  °С; для радиомодемов – от  $-40$  до  $+60$  °С и влажности 90 % при температуре окружающего воздуха  $+30$  °С.

В состав комплекта электрооборудования входит следующая электроаппаратура:

- автотрансформатор 630 кВ с отводами 3,2; 6,0 кВ;
- станция высоковольтных вакуумных контакторов ВВР-6/10, 630 А;
- измеритель скорости и направления вращения турбин вентиляторной установки;
- термодатчики в комплекте с прибором «Овен»;
- вибропреобразователь с согласующим усилителем – 1 шт.;
- трансформатор 3 х 380/3 х 90 В, 50 кВА;
- радиомодемы «Невод-5» уличного исполнения с антеннами – 3 комплекта;
- рабочая станция диспетчера на базе персонального компьютера;
- комплект программного обеспечения для микроконтроллера блока обработки данных и радиомодемов;
- комплект программного обеспечения для отображения и архивирования информации на рабочей станции диспетчера;
- многофункциональная система управления, обеспечивающая взаимодействие всех систем автоматики (управления, защит и блокировок), а также преобразование электроэнергии для питания отдельных аппаратов и обмотки возбуждения синхронного электродвигателя.

Основные технические характеристики комплекта электрооборудования следующие:

- максимальный ток в линии питания 6,0 кВ не более 400 А; длительность пикового значения тока от 2 до 4 с ;
- продолжительность разгона до подсинхронной скорости не более 90 с ;
- ток тиристорного возбудителя регулируемый, может стабилизироваться в диапазоне от 100 до 300 А; коэффициент стабилизации тока при изменении питающего напряжения и температуры обмоток возбуждения не менее 10;
- номинальный ток станции высоковольтных контакторов 630 А, ток отключения 5 кА.

Управление пуском вентилятора осуществляется следующими способами:

- местное;

– дистанционное по проводной пятижильной линии от пульта диспетчера;

– дистанционное по радиоканалу посредством радиомодемов от пульта диспетчера.

Система пуска вентиляторной установки оснащена следующими защитами и блокировками: максимально-токовой защитой статора и ротора синхронного электродвигателя; защитой от «асинхронного режима» работы; защитой от обрыва цепи возбуждения; защитой от исчезновения давления и протока масла в системе смазки подшипников; виброзащитой турбины; температурной защитой подшипников и обмоток статора синхронного электродвигателя; запретом отключения маслонасоса при вращающейся турбине; блокировкой пуска «вдогонку» в противоположном направлении вращения; блокировкой пуска вентилятора при исчезновении любого канала в источнике питания; минимальной защитой цепи 6,0 кВ.

Отображение информации на пульте диспетчера осуществляется по 8 аналоговым и дискретным каналам. Дальность радиосвязи – в пределах прямой видимости антенн (до 10 км) без ретранслятора (разрешение Росвязьнадзора не требуется). Архив имеет шаг развертки от 30 с до 24 ч.

В состав комплекта электрооборудования входят:

- высоковольтная часть электрооборудования, состоящая из отдельно стоящих автотрансформатора сухого исполнения и станции вакуумных контакторов, соединенных кабельными переключками между собой;
- РУ 6,0 кВ и синхронного электродвигателя;
- согласующий трансформатор тиристорного преобразователя и пусковые сопротивления, закрытые кожухом размером  $1500 \times 1000 \times 500$  мм и установленные рядом с системой управления;
- измеритель скорости, состоящий из чувствительного элемента индукционного типа, установленного на валу электропривода и электронного модуля;
- термодатчики и вибропреобразователь, установленные на опорах подшипников турбины и электродвигателя;
- радиомодемы, установленные около антенн и соединенные кабелем со шкафом управления, с одной стороны, а также пультом диспетчера и персональным компьютером, с другой; при необходимости устанавливается промежуточный модем с широко направленной антенной-ретранслятором;
- функциональные блоки управления, защиты, питания, обработки информации, вы-

полненные в виде модулей размером 1500×100×500 мм.

В модуле размещены тиристорный возбудитель синхронного электродвигателя; блок реле управления КРУ-6,0 кВ и станцией вакуумных контакторов; блок пускателей для управления маслососами, тормозом и устройством подогрева масла; стабилизированный преобразователь тока удержания вакуумных контакторов; панель грозозащиты линий дистанционного проводного управления; источник бесперебойного электропитания радиомодемов; клеммные ряды зажимов для контрольных и силовых кабелей.

На лицевой части шкафа установлена панель управления и индикации с контрольно-измерительными приборами.

Разработанный комплект электрооборудования для «мягкого» запуска синхронного двигателя и управления вентиляторной установкой внедрен на Казском филиале ОАО «Евразруда», что позволило существенно улучшить показатели энергопотребления рудника.

Научно-производственной фирмой «ИНТЕХСИБ» в 2010 и 2011 гг. по договору подряда разработана, изготовлена и внедрена автоматизированная система управления КУГВ-01 тремя вентиляторными установками главного проветривания 4ВЦ-15 и одной газоотсасывающей вентиляторной установкой УВЦГ-15 на филиале «Шахта «Есаульская» ОАО «Южжубассуголь».

Объектами управления комплекса КУГВ-01 для условий ООО «Шахта «Есаульская» являются следующие установки:

- вентиляторная установка, расположенная на устье путевой штольни, состоящая из четырех вентиляторов типа ВЦ – 15 (три в работе, один в резерве);

- вентиляторная установка, расположенная на заезде № 2, состоящая из четырех вентиляторов типа ВЦ – 15 (три в работе, один в резерве);

- вентиляторная установка, расположенная на устье вентиляционной штольни, состоящая из четырех вентиляторов типа ВЦ – 15 (один в работе, три в резерве);

- газоотсасывающая установка, расположенная на устье флангового ходка 26-53 пласта 26а, состоящая из четырех вентиляторов типа УВЦГ – 15 (три в работе, один в резерве).

Комплекс КУГВ-01 осуществляет по заданному алгоритму автоматическое управление приводами вентиляторов и ляд (пуск, останов, реверс).

Комплекс реализует местное и дистанционное управление с принудительной рассинхро-

низацией пусковых интервалов каждого вентилятора (до 12 агрегатов в группе), а также обеспечивает автоматический повторный запуск при пропадании напряжения сети 6,0 кВ на короткое время и автоматический ввод резервных вентиляторов.

Аппаратура взаимодействует с датчиками телеметрии искробезопасного исполнения для осуществления контроля за работой и обеспечения защиты и блокировки. Передача информации от удаленных активных датчиков осуществляется частотным способом, что снижает потребляемый ток системы телеметрии и местного управления до искробезопасных уровней и повышает достоверность передачи данных в условиях сильных электромагнитных помех. Работоспособность активных датчиков и микропроцессорных преобразователей сохраняется в диапазоне от –50 до +60 °С.

Встроенные источники бесперебойного электропитания обеспечивают функционирование системы управления и телеметрии в течение шести часов при пропадании сети 0,4 кВ; приближение барьеров искрозащиты и источника питания телеметрии к границе искробезопасной зоны повышает запас по искробезопасности за счет снижения реактивных параметров линии связи с датчиками.

Тиристорные приводы лебедок ограничивают вращающий момент при пуске и обеспечивают поджатие ляд без опасности повреждения механического оборудования.

Применение проводного канала и радиолнии между диспетчерским и операторским пультом, двух панелей отображения у диспетчера повышает надежность функционирования канала связи и представления информации, а применение экранированного морозостойкого кабеля в сочетании с буферами грозовой защиты повышает надежность работы системы телеметрии и местного управления.

Шкаф управления вентиляторными ШУГВ-01 состоит из панели управления для оператора; функциональных блоков управления высоковольтными выключателями и приводом лебедки; цифровых устройств отображения, защит и блокировок; источника бесперебойного электропитания всех узлов комплекса КУГВ-01 при пропадании сети 0,4 кВ на время до четырех часов.

В комплект поставки входит модуль приема-передачи сигналов по радиолнии и через искробезопасный барьер по проводной или подземной линии.

Распределительный пункт сигналов телеметрии и местного управления РСТ-01 содержит активные датчики темпера-

туры и вибрации; датчики давления; клеммные коробки с встроенными микропроцессорными преобразователями параметров датчиков в частоту, работающими в диапазоне  $-50 \div +60$  °С; шкафа РСТ-01 с барьерами искробезопасности и преобразователем электропитания с искробезопасным выходом.

Кроме того, в комплект системы входит шкаф ШУЛ-01 с встроенным тиристорным регулятором для ограничения момента на валу ляды; пульт диспетчера с модулем приема-передачи информации по радиоканалу и через барьер искробезопасности по проводной, подземной линии; радиомодемы с антеннами «Невод» при необходимости с ретранслятором сигналов.

Шкаф ШУГВ-01 имеет настенное исполнение с односторонним доступом. Функциональные блоки шкафа каркасной конструкции. Взаимодействие шкафа ШУГВ-01 с ячейками РУ-6,0 кВ осуществляется через модули управления высоковольтными выключателями.

Шкаф ШУЛ-01 с тиристорным электроприводом лебедки также имеет настенную конструкцию.

Распределительный пункт РСТ-01 в закрытом герметизированном корпусе устанавливается на границе искроопасной и искробезопасной зон и соединяется с операторской многожильным телефонным кабелем и экранированными кабелями с клеммными коробками ККИ-1 и пультом местного управления лядой.

Клеммные коробки, в которых установлены микропроцессорные преобразователи входных сигналов в унифицированный частотный код, устанавливаются рядом с объектами и подключаются к датчикам экранированным кабелем. Частотный сигнал через оптобарьеры гальванической развязки шкафа РСТ-01 с прочностью свыше 2,5 кВ передается на входные буферы шкафа ШУГВ-01. Частотное представление сигналов с датчиков обеспечивает достоверность передачи данных на значительное расстояние в условиях сильных электромагнитных помех, например, от проложенных рядом высоковольтных кабелей.

Пульт диспетчера связан с операторской по двухпарной линии и радиоканалу. Мощность передатчиков радиомодемов 10 мВт не требует разрешения на применение. Дальность связи в пределах видимости – до четырех километров, а при ее отсутствии устанавливается дополнительный радиомодем-ретранслятор.

Отображение на пульте диспетчера обеспечивается высокоскоростным каналом по радио на мониторе ПК, а проводной канал обеспечивает передачу команд управления и дублиро-

вание отображения основных параметров на светодиодах панели. Количество органов управления на пульте диспетчера минимизировано благодаря схемотехническим и аппаратным решениям по пуску, останову, реверсу вентиляторов, не требующим вмешательства в процесс смены режима работы вентиляторной установки.

Искробезопасность цепей телеметрии и местного управления – по ГОСТ Р52350.11 – 2005 г. Достигается снижением тока, потребляемого телеметрией каждого вентилятора до уровня 100 мА при  $E_{пит} = 12,6$  В; уменьшением индуктивности, емкости цепей коробки ККИ-1 за счет установки барьеров искробезопасности на границе зон в 30 м от агрегата; применением развязки на базе сертифицированных оптронов; использованием трансформаторной развязки для частотно-манипулированных сигналов по проводной подземной линии с ограничением тока и напряжения на искробезопасном уровне с учетом  $L_0$ ,  $C_0$  линии; ограничением уровня напряжения в связанных системах на уровне 24 В.

Местное управление осуществляется магнитными ключами для исключения несанкционированных действий случайного характера.

Суммарная мощность системы управления комплекса КУГВ-01 с телеметрией и пультом диспетчера не превышает 30 Вт при напряжении питания 12 – 14 В, что позволяет использовать в качестве ИБП стандартные герметичные аккумуляторы 12 В, 7 А·ч.

Отображение информации обеспечивается индикаторами программируемых защитных устройств ПЗУ-1 шкафа ШУГВ-01; светодиодами панели управления оператора; светодиодами пульта диспетчера; монитором ПК диспетчера.

Программное обеспечение позволяет на мониторе ПК реализовать режимы непрерывного контроля за состоянием всех включенных агрегатов; осциллографирования процессов запуска и реверсирования вентиляторной установки; просмотра архивной информации; настройки вышеперечисленных экранов монитора.

Область применения указанных разработок – взрывоопасные зоны помещений и наружных установок, горные выработки угольных шахт, в том числе опасных по газу или пыли, согласно маркировке взрывозащиты.

Правилами безопасности в угольных шахтах и другими нормативными документами регламентируется применение электрооборудования, расположенного вне взрывоопасной зоны и связанного внешними искробезопас-

ными цепями с электротехническими устройствами, установленными во взрывоопасной зоне и вне взрывоопасной зоны (см. рисунок).

Основные технические характеристики и место расположения устройств комплекса КУГВ-01:

- пульты диспетчера и оператора – вне взрывоопасной зоны;
- источники бесперебойного питания – вне взрывоопасной зоны;
- реле управления пусковой аппаратурой – вне взрывоопасной зоны;
- устройства преобразования напряжения – вне взрывоопасной зоны;
- клеммные коробки преобразования информации типа ККИ, пульт местного управления ПМУ-4 – во взрывоопасной зоне;
- датчики температуры, вибрации, давления, скорости воздушного потока и положения – во взрывоопасной зоне.

Прочность изоляции между цепями комплекса КУГВ-01 и землей составляет более 500 В, прочность изоляции между искробезопасными цепями и цепями комплекса КУГВ-01 – более 1500 В.

Уровень и вид взрывозащиты составных частей комплекса КУГВ-01:

- пульт диспетчера – [Exia]I;
- центробежный модуль приема-передачи информации ЦМПИ-1 оператора – [Exia]I;
- распределитель сигналов телеметрии РСТ-01 – [Exia]I;
- клеммные коробки преобразования аналоговых сигналов датчиков в частотный сигнал ККИ-1,2,3 – [Exia]I;
- пульт местного управления ПМУ-4 – ExiaI;
- датчики температуры ДТА-1 – ExiaI;
- датчики вибрации ДВА-2 – ExiaI;
- датчики скорости воздушного потока по маркировке взрывозащиты – ExiaI;
- активные преобразователи избыточного давления теплоносителя в калорифере ЗОНД-10 Exi-ИД 0ExiaIСТ6Х;
- активные преобразователи дифференциального давления воздуха в вентиляционном канале ЗОНД-10 Exi – ДД 0ExiaIСТ6Х.

Степень защиты, обеспечиваемая оболочками взрывозащищенных изделий по ГОСТ 14254 – 96, не менее IP64 для распределительного пункта РСТ-01, коробки ККИ-1,2,3, ПМУ-4, датчиков; IP20 для пульта диспетчера, модуля ЦМПИ-1 и оператора.

В связи со специфическими условиями работы групп центробежных вентиляторных установок 4ВЦ-15 и УВЦГ-15 и предотвращения перегрузок шахтной электрической сети вентиляторные установки в группе включаются индивидуально с интервалом 20 с.

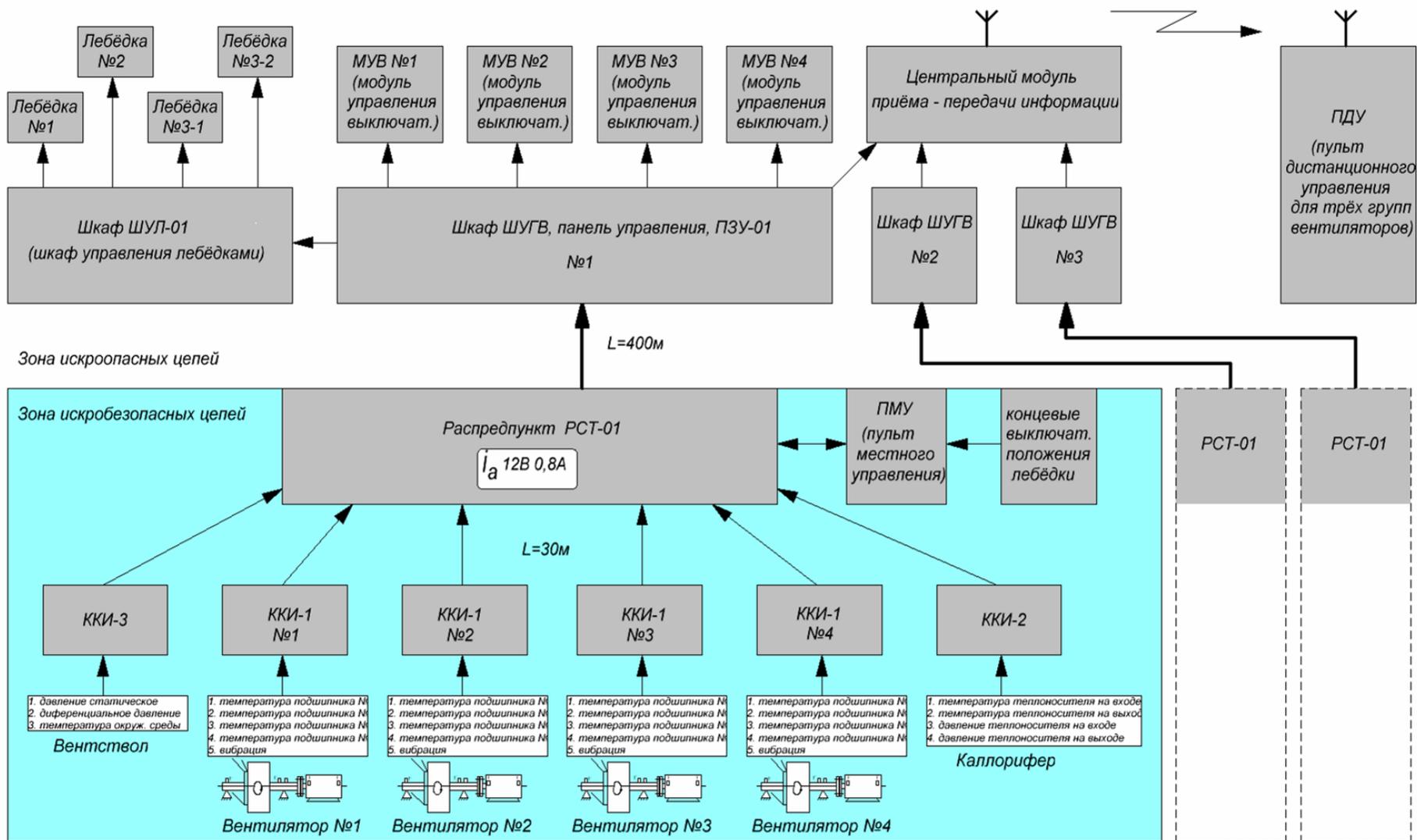
Для обеспечения надежной работы вентиляторных установок предусмотрена защита их узлов: от предельно-допустимых значений параметров; автоматического ввода резервного вентилятора при остановке рабочего; преобразования параметров, характеризующих работу вентиляторных установок в электрический сигнал с последующей обработкой и передачей на пульты диспетчера и оператора для отображения информации.

Комплект системы управления группами вентиляторных установок (КУГВ-01) одним из первых в России сертифицирован по ГОСТ Р 52350.11 – 2005, регистрационный № РОСС RU.МЕ92.А02367. Он может применяться на вентиляторных установках главного проветривания, газоотсасывающих и дегазационных – для угольных шахт, опасных по газу или пыли, и имеет Разрешение на применение от Ростехнадзора № РРС 00-044033. Малое энергопотребление слаботочных электрических цепей электронных схем управления телеметрии обеспечивает комплексу КУГВ-01 непрерывную работу в течение семи часов от внутреннего бесперебойного источника питания. Комплекс КУГВ-01 в 2013 г. награжден дипломом Гран-при на Международной выставке «Уголь России и Майнинг».

**Выводы.** Приведены новые разработки систем автоматического управления вентиляторными главного проветривания угольных шахт и рудников; их конструктивное исполнение и функциональные возможности отвечают высоким требованиям обеспечения безопасности ведения горных работ. Системы отвечают также требованиям дизайна и надежности, что подтверждается опытом эксплуатации внедренных в производство комплексов названного электрооборудования. Научная школа СибГИУ и Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ» рекомендуют предлагаемые управляющие комплексы для расширенного внедрения в производство.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокин А.А., Мещерин А.Т., Пугачев Е.В., Ваулин Г.А., Сухов М.В., Машерина Ю.А., Иванов А.С. Опыт эксплуатации автоматизированных вентиляторных установок для угольных шахт и рудников // Научные разработки и использования минеральных ресурсов. Сб. науч. ст.; под общ. ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2013. С. 203 – 207.



Функциональная структура управления группами вентиляторов

2. Сорокин А.А., Мещерин А.Т., Пугачев Е.В., Аулин Г.А., Сухов М.В., Мещерина Ю.А., Ершов А.М., Иванов А.С. Комплекс управления группами шахтных вентиляторных установок // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. ст. междунар. науч.-практич. конф.; под ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2011. – С. 235 – 237.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах».
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».
5. ГОСТ Р 52350.11 – 2005. Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь «i».

© 2015 г. А.С. Иванов, А.Т. Мещерин,  
Ю.А. Мещерина, Е.В. Пугачёв,  
Э.Е. Пугачёва  
Поступила 19 июня 2015 г.

**В.Ф. Панова, С.А. Панов**

Сибирский государственный индустриальный университет

## ОТХОДЫ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Значительный рост объемов обогащения угля сопровождается образованием большого количества отходов – около 10 млн. т в год. Отходы углеобогащения (ОУО) и угледобычи – это шахтные породы, «хвосты» обогатительных фабрик. Они, как правило, содержат некоторое количество угля и глинистого компонента. Все отходы по содержанию углерода можно разделить на две группы. Углеотходы с содержанием углерода более 24 % рационально дополнительно обогащать или применять как топливо. Вторая группа отходов содержит углерода до 24 % и может использоваться в строительстве, металлургии, сельском хозяйстве (рис. 1) [1 – 3].

Обогащение угля осуществляется на обогатительных фабриках (ЦОФ) двумя методами: флотацией и на отсадочных машинах. Флотационные отходы представляют собой дисперсную фракцию. Установлено, что во флотоотходах содержание углерода более высокое, чем в отходах отсадочных машин, и достигает 20 % [2].

Отсадка представляет собой расслоение массы твердых частиц под воздействием восходящего и нисходящего потоков. На отсадоч-

ные машины поступает порода фракцией от 0,5 до 50 мм. Отсадка – непрерывный процесс, состоящий из трех стадий: 1 – загрузка исходного угля; 2 – расслоение угля и породы, при котором последняя оседает на решето машины; 3 – образование порога и разгрузка породы, скапливающейся на решете. Выход «пустых» пород из-под отсадочных машин достигает 70 %. Отвалы занимают полезные площади, влияют на экологию [4].

Вещественный состав ОУО определяется по методу Рутковского, который позволяет выделить содержание глинистых веществ благодаря их набухаемости в воде. Вещественный состав отходов обогащения приведен в табл. 1.

Для производства стеновой керамики необходимо корректировать фракционный состав. Результаты показывают, что количество пылеватых фракций в ОУО составляет около 60 %, песчаных частиц – 37,73 %, а количество глинистых колеблется от 8 до 29 % в зависимости от ЦОФ. В шламистой части количество глинистых фракций может достигать до 10 %. Установлено, что ОУО могут стать керамическим сырьем с содержанием глинистого вещества от 15 % [1].

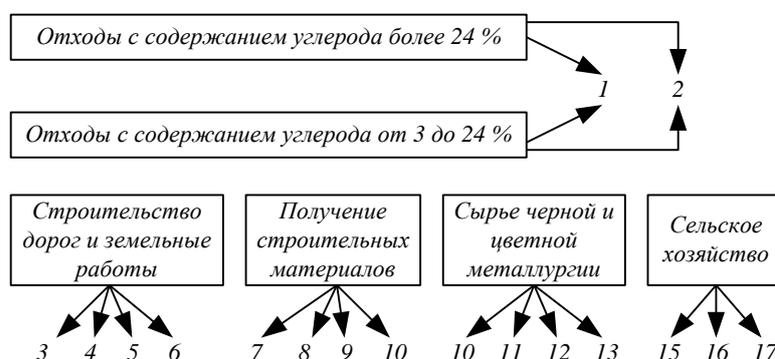


Рис. 1. Использование отходов углеобогащения в различных отраслях промышленного производства:

1 – энергетическое использование (сжигание, газификация); 2 – механическое обогащение; 3 – щебеночный материал; 4 – материал (в смеси с вяжущим) для верхних и нижних дорожных оснований; 5 – заменитель грунта при сооружении дамб, фундаментов; 6 – закладка подземных выработок, выравнивание рельефа; 7 – керамические материалы; 8 – заполнитель для бетона; 9 – вяжущие; 10 – камнелитые изделия; 11 – концентраты редких рассеянных металлов; 12 – кремнеалюминиевые сплавы и ферросплавы; 13 – материалы на основе карбида кремния; 14 – глинозем и другие кислородные соединения алюминия; 15 – нейтрализация кислых почв; 16 – носители микроэлементов и серы в удобрениях; 17 – улучшение структуры почв

## Вещественный состав отходов обогащения

Наименование породы обогажительных фабрик	Содержание, %, фракций		
	набухающих, <0,005 мм	песчаных, 1 – 0,05 мм	пылеватых, 0,05 – 0,005 мм
Кузнецкая	24,97	70	5,03
ЗСМК	7,93	48	44,07
Абашевская	29,00	49	22,00
Суглинок Байдаевского м/р	15,00	40	45,00
«Хвосты» Абагурской аглофабрики:			
общая проба	2,27	60	37,73
шламовая часть	8,00	55	37,00

Химический состав отходов определяли по методике ГОСТ 5382 – 91 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа» (см. таблицу 2). Наличие оксидов в отходах ЦОФ (15,75 – 19,84 %  $Al_2O_3$  и 52,53 – 58,85 %  $SiO_2$ ) говорит о том, что состав отходов близок к традиционному глинистому сырью, что позволяет использовать ОУО в качестве сырья для производства керамических материалов. Остаточный углерод отрицательно влияет на свойства керамики (обжигаемых материалов). Практика показала, что для керамического сырья содержание углерода должно быть не более 6 – 7 %. В силикатных изделиях количество углерода ограничено до нуля, иначе снижается прочность, морозостойкость и долговечность.

Установлено, что ОУО относятся к мало закарбонизированному сырью (2,10 – 2,88 % СаО). Это снижает возможность образования «дутиков» в готовых изделиях. В сырье присутствуют оксиды калия и натрия (2,12 %), которые характеризуют плавкость сырья, однако их количество мало.

По минералогическому составу изучаемые отходы углеобогащения представляют собой смесь метаморфизированных пород полиминерального состава. Результаты исследования показали, что в их состав входят: глинистые

минералы, углистое вещество, кварц, полевые шпаты, слюды, гематит, магнетит и другие вещества. Глинистые минералы представлены в основном гидрослюдами и каолинитом (рис. 2) [5 – 7].

Потрационное исследование пород проводили термогравиметрическими методами. Подтверждено содержание углерода в углеотходах. Потеря по массе составляет 13 %, для отдельных проб – от 20 до 29 % (ЦОФ «Кузнецкая») и до 37,3 % (ЦОФ ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»).

Для исследования содержания остаточного углерода породы отсадочных машин были разделены на фракции 25, 13, 10, 6 и 3 мм. Каждая фракция изучалась отдельно на содержание глинистых веществ и остаточного углерода (рис. 3). Изучение содержания остаточного углерода в отдельных фракциях показало следующее: наименьшее содержание углерода обозначено у породы фракции 25 мм и более, потери по массе для них составляют 12 – 12,8 %.

Были изучены процессы, происходящие при предварительной термической обработке. Термогравиметрические исследования, а также пофракционный химический анализ ОУО показывают, что потери при прокаливании (ППП) и содержание углерода (С) для различных фракций различны.

## Химический состав пород ЦОФ г. Новокузнецка

Углеотходы, фракция >13 мм, ЦОФ	Содержание, %, на сухое вещество							
	$SiO_2$	CaO	MgO	$Al_2O_3$	FeO	$Fe_2O_3$	$SO_3$	$K_2O + Na_2O$
Кузнецкая	52,53	2,88	1,52	15,73	3,06	0,61	–	2,12
Абашевская	67,05	0,95	0,52	22,23	4,63		0,42	3,65
ЗСМК	58,85	2,10	1,01	19,84	13,88		0,23	3,42

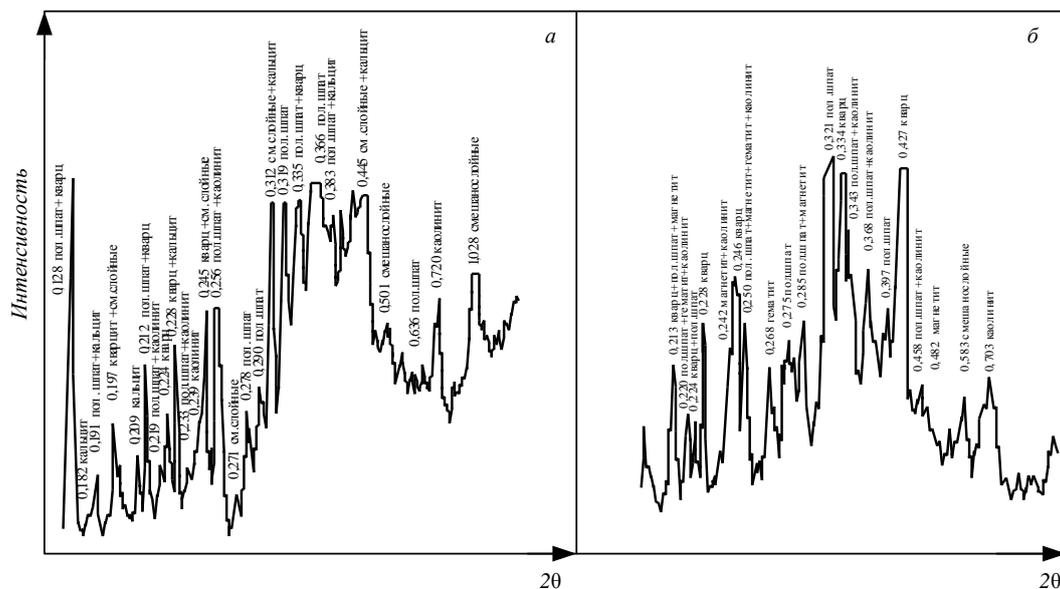


Рис. 2. Дифрактограммы необожженных (а) и обожженных (б) ОУО ЦОФ «Кузнецкая»

Ниже представлен состав углеотходов различных фракций:

Фракция, мм	Зольность, %	С, %	ППП, %
3	79,7	14,57	23,94
6	87,8	7,21	15,22
13	89,0	6,29	13,48
25	88,9	6,54	14,15

В результате исследований было определено, что наименьшее количество остаточного углерода содержится в отходах фракций менее 0,6 мм после обжига их в лабораторной печи в течение 1 ч при температуре 500 °С слоем 5 – 7 мм. Потери при прокаливании в отходах

фракцией более 13 мм достигают 19,66 %, а содержание углерода до 11,4 %. Термообработанная порода содержит минимальное количество остаточного углерода – 0,88 %. Доказано, что под действием температуры проходит активизация глинистой составляющей с образованием активных оксидов SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, т.е. термоактивизированные ОУО могут стать сырьем для производства клинкера и цемента [8].

Для снижения количества углерода в сырье предложено подвергать его предварительной термической обработке. Отходы отсадочных машин фракций 25 мм измельчались и рассеивались на фракции 5 мм и менее 0,6 мм, а затем обжигались при различных температурах *t*.

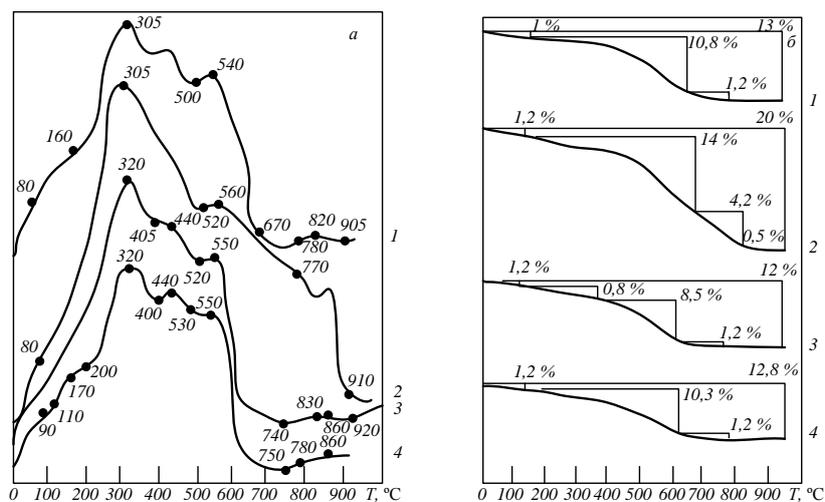


Рис. 3. Дериватограммы отходов углеобогащения (кривые ДТА (а) и ТГ (б))  
1 – порода ЦОФ «Кузнецкая», фракция 6 мм; 2 – фракция 3 мм; 3 – фракция 10 мм; 4 – фракция 25 мм

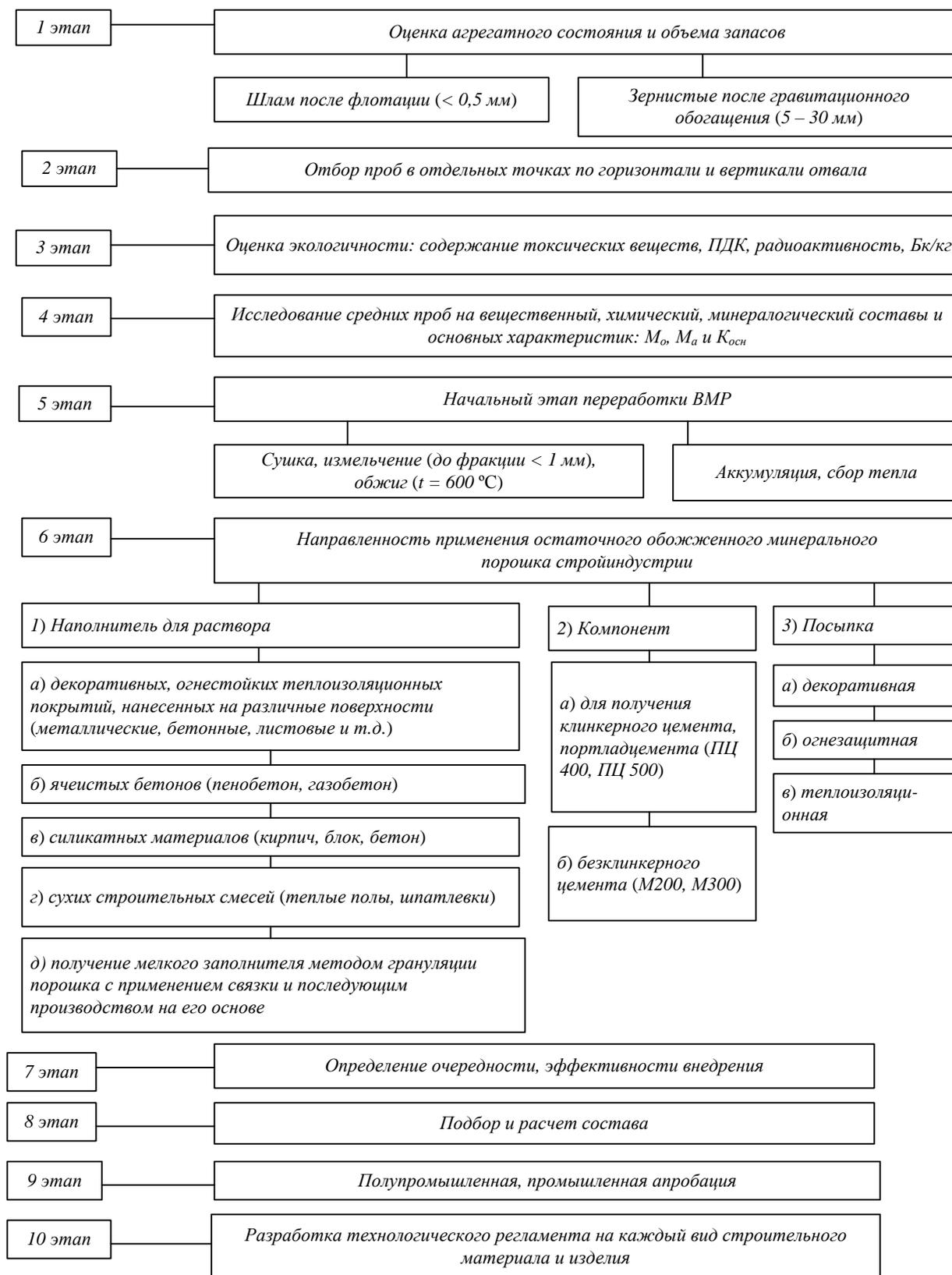


Рис. 4. Модель переработки и применения отходов углеобогащения как сырья для стройиндустрии

Содержание углерода в термически обработанной породе приведено ниже:

Порода	Фракция, мм	t, °С	ППП, %	C, %
В естественном состоянии	>13	900	19,66	11,4
Обожженная	5	500	8,32	3,34
Обожженная	5	600	5,92	1,86
Обожженная	<0,6	500	4,55	0,88

Разработана модель переработки и использования ОУО как сырья для стройиндустрии (рис. 4). Установлено, что на первом этапе необходима оценка хвостов на экологичность, т.е. содержание радиоактивных и токсичных веществ. Необходимы исследования проб на вещественный, химический и минералогический составы. Этапы переработки вторичных материальных ресурсов следующие: сушка, измельчение, обжиг, при котором проводится аккумуляция и сбор тепла. Далее выделяются направления по применению остаточного после обжига минерального порошка как сырья для стройиндустрии. Определяется очередность, эффективности внедрения ОУО. Проводится лабораторная, полупромышленная и промышленная апробации. На заключительном этапе разрабатывается технологический регламент на каждый вид строительного материала.

**Выводы.** Результаты исследования показали, что отходы углеобогащения с содержанием углерода более 24 % рационально обогащать или применять как топливо; с содержанием до 24 % можно использовать в строительстве, черной и цветной металлургии, сельском хозяйстве. ОУО относятся к малозакарбонизированному сырью (2,1 – 2,88 % СаО). Это снижает возможность образования «дутиков» в готовых обжиговых изделиях. Установлено, что наибольшее количество глинистых веществ находится во фракциях более 25 мм, их количество меняется от 15 до 29 %. Определено, что остаточный углерод преобладает в мелких

фракциях породы. Для ликвидации углистых частиц их необходимо подвергнуть измельчению и термической обработке при 500 – 600 °С. Одновременно с удалением углерода идет активизация глинистой составляющей, поэтому ОУО можно применять как для керамических изделий, так и в производстве клинкера и цемента. Разработана модель переработки и применения ОУО как сырья для стройиндустрии, которая показывает последовательность работы с вторичными материальными ресурсами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. П а н о в а В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. – 287 с.
2. Я к у т и н В.П., А г р о с к и н А.А. Использование отходов обогащения углей. – М.: Недра, 1978. – 167 с.
3. Ш п и р т М.Я., Р у б а н В.А., И т к и н Ю.В. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей. – М.: Недра, 1990. – 224 с.
4. Б о ж е н о в П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология: Учебное пособие. – М.: изд. АСБ, 1994. – 264 с.
5. Б р и н д л и Г.Ф. – В кн.: Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. – М.: Мир, 1965. С. 45 – 63.
6. Г о р ш к о в В.С. Термография строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1968. – 584 с.
7. Г у р е в и ч М.Я. Руководство по рентгеновскому исследованию минералов. – М.: Мир, 1965. – 458 с.
8. В о л ж е н с к и й А.В. Минеральные вяжущие вещества: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.

© 2015 г. В.Ф. Панова, С.А. Панов  
Поступила 20 марта 2015 г.

УДК 628.3.034.2:622.3

*Л.В. Ворон, Л.Р. Ланге, А.М. Благоразумова*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД

Кузбасс – один из богатейших регионов России по запасам полезных ископаемых. Интенсивная добыча и переработка сырья на местных предприятиях привели к загрязнению и поверхностных, и подземных вод.

В крупнейшем промышленном центре области городе Новокузнецке по официальным данным ежегодно валовые сбросы в водоемосточники составляют свыше 70 тыс. т, из которых 45,8 % – сбросы от предприятий угольной и металлургической промышленности.

В сложившихся условиях сложной экологической ситуации региона и страны в целом особую роль приобретает проблема охраны водных ресурсов от загрязнения неочищенными стоками угольной промышленности, предприятия которой сбрасывают большие объемы шахтных вод [1]. В связи с нарастающим дефицитом свежей воды и увеличением количества сбрасываемых промышленных сточных вод остро встает вопрос их очистки и использования для технического водоснабжения. Под шахтными водами принято понимать все воды, проникающие в выработанное пространство и проходящие через водоотливное хозяйство шахты. Притоки воды в шахты изменяются в широких пределах – от 100 до 4000 и более м<sup>3</sup>/ч. Водопритоки возникают в периоды строительства, эксплуатации и закрытия шахты.

Химический состав загрязнений шахтных вод весьма сложен и разнообразен [2], обусловлен влиянием естественных процессов, происходящих в массиве горных пород, в горных выработках, водоносных горизонтах, когда шахтная вода вступает в контакт с углем и вмещающими породами. Концентрации ингредиентов, входящих в состав примесей шахтных вод, значительно превышают нормативные предельно допустимые концентрации (ПДК) по сбросу в природные водоемы, особенно рыбохозяйственного назначения. Как правило, загрязнения включают в свой состав:

– большое количество взвешенных нерастворенных веществ, концентрация которых колеблется в пределах 1 – 6 г/л, причем основную (60 – 80 % общего количества) массу составляют мелкодисперсные частицы диам. менее 0,1 мм;

– минерализованные загрязнения (в пределах 480 – 870 мг/л); сточные воды большинства угольных шахт региона имеют нейтральную среду (рН в пределах 6,5 – 8,5);

– жесткость шахтных вод обусловлена присутствием солей кальция и магния и находится в пределах 5 – 30 мг-экв/л (высокой (свыше 7 мг-экв/л) общей жесткостью характеризуются шахтные воды с повышенной общей минерализацией);

– соли тяжелых металлов (меди, цинка, никеля, молибдена, хрома, марганца, алюминия, стронция, кремния, железа и других);

– органические загрязнения, находящиеся в растворенном и взвешенном состоянии;

– бактериальные загрязнения.

Угольная промышленность России была и остается одной из важнейших базовых отраслей народного хозяйства, а Кузбасс – основной угольный бассейн в долгосрочной перспективе, в котором сосредоточены запасы каменных углей всех марок, пригодных для использования в энергетических целях и для производства кокса. Кузбасс дает более 60 % общего объема добываемого угля и обеспечивает до 80 % потребностей внутреннего рынка в кокующихся углях.

Однако угледобывающие предприятия при наращивании объемов добычи угля оказывают негативное воздействие на все основные компоненты окружающей среды. Разработка и внедрение экологически чистых, малоотходных и безотходных технологий и технологических процессов горного производства ведется медленными темпами или вообще не ведется. В отрасли сложилась тенденция экономии инвестиций на охрану окружающей среды, что приводит к ряду негативных последствий: чрезвычайно малы объемы строительства пылегазоочистных установок и эффективных очистных сооружений сточных вод, которые позволяли бы использовать в производственных процессах очищенные стоки и не сбрасывать в водные объекты очищенные стоки с превышением ПДК [3].

В последние годы в промышленности наметилась тенденция к снижению общего объема сброса загрязненных (с превышением норма-

тивов) шахтных вод в поверхностные водные объекты, но в то же время доля сброса нормативно очищенных вод уменьшается. До сих пор достаточно большие объемы шахтных вод сбрасываются в водоемы без какой-либо очистки, что пагубно влияет на их состояние и приводит к гибели.

Ежегодно со сточными водами угольных предприятий в водоемы поступает большое количество взвешенных веществ, нефтепродуктов, фенолов, тяжелых металлов. Масса сбрасываемых загрязняющих веществ значительно превышает самоочищающую способность водоемов, что приводит к загрязнению водных объектов, существенно ограничивает или полностью исключает их народнохозяйственное использование. По данным природоохранных органов к началу 2013 г. в результате сброса недостаточно очищенных шахтных и карьерных вод в Кузнецком бассейне выведены из водопользования свыше 200 малых рек [4].

Следует также отметить, что существующий уровень научного обеспечения экологизации угольной отрасли не отвечает современным требованиям. Целый ряд экологических проблем, с которыми сталкиваются предприятия в своей деятельности и которые требуют научной проработки, не нашли эффективных решений. Серьезные трудности у производителей и проектировщиков вызывают такие проблемы, как технология очистки шахтных и карьерных сточных вод сложного химического состава от комплекса загрязняющих веществ, в состав которых входят нефтепродукты, фенолы, растворенные минеральные соли, ионы тяжелых металлов и др.

В настоящее время подавляющая часть имеющихся на угольных предприятиях очистных сооружений не обеспечивает очистки сточных вод до нормативных требований из-за несовершенства применяемых схем очистки, неграмотной эксплуатации сооружений без соблюдения каких-либо технологических регламентов даже специалистами несмежных профилей. Все эти явления приводят к неэффективной работе сооружений и не позволяют достичь возможных показателей очистки.

Большинство очистных сооружений, эксплуатируемых в настоящее время в Кузбассе, представлены грунтовыми горизонтальными отстойниками, устроенными в естественных или искусственных выемках, с фильтрующими дамбами или без них и обеззараживающими установками. Шахтные воды с их сложным минеральным составом невозможно довести по глубине очистки до ПДК загрязняющих

веществ при сбросе их в рыбохозяйственные водоемы, к категории которых относятся реки нашего региона, простыми механическими методами очистки отстаивания и фильтрации без применения технологий глубокой физико-химической очистки [5, 6]. Кроме того, на многих сооружениях отстаивания, эксплуатируемых длительный период, не соблюдаются гидравлические режимы: скорость движения стоков в отстойной зоне, глубина и длина зоны отстаивания, высота слоя накапливаемого осадка, длина пути фильтрации осветленной шахтной воды (толщина фильтрующей дамбы), грязеемкость фильтрующего материала дамбы и его фракционный состав. Несоблюдение технологических регламентов процессов очистки значительно снижает эффекты задержания загрязняющих веществ, которые могли бы быть достигнуты на данных сооружениях.

Важными направлениями решения проблемы очистки шахтных вод и предотвращения сброса загрязняющих веществ в водные объекты можно назвать создание и соблюдение требуемых режимов очистки на действующих сооружениях и максимальную интенсификацию их работы. Это позволит значительно сократить сбросы взвешенных веществ и нефтепродуктов в водоемы с минимальными затратами на модернизацию действующих сооружений.

В настоящее время достаточно часто случается, что отстойники в результате длительной эксплуатации заполнены выделенным при очистке стоков шламом выше расчетных отметок. В результате этого уменьшается глубина зоны отстаивания и, соответственно, увеличивается скорость движения стоков в отстойной зоне, а следовательно, снижается эффект их осветления. Как правило, в эксплуатируемые горизонтальные отстойники шахтные воды подаются из шахты сосредоточенно по одному или двум трубопроводам под остаточным напором. В месте впуска стоков образуется пляж из шлама, что сокращает длину зоны отстаивания и время пребывания стоков в ней; как следствие, снижается эффективность очистки. Кроме того, сосредоточенный ввод стоков не обеспечивает равномерного распределения их по всей ширине и глубине зоны отстаивания, что значительно уменьшает ее активную зону; происходит увеличение скорости потока в начале отстойной зоны и взмучивание выделенного ранее осадка, что также значительно снижает эффективность работы всего сооружения. Существующие сооружения отстаивания очень редко оборудованы устройствами для удаления выделенных нефтепродуктов, которые в виде пленки накапливаются

в конце отстойной зоны и захватываются выводимыми из сооружения очищенными стоками, в результате чего происходит их вторичное загрязнение нефтепродуктами.

Фильтрующие дамбы, устраиваемые в составе очистных сооружений, должны задерживать мелкодисперсные примеси, не уловленные в отстойной зоне. Однако не всегда выдерживается расчетная ширина (длина фильтрации) и не всегда используется материал, обладающий нужной грязеемкостью и определенным фракционным составом. Поэтому дамбы не обеспечивают необходимого задержания мелкодисперсных угольных частиц и нефтепродуктов, которые не могут быть выделены обычным отстаиванием.

Для решения обозначенных и устранимых проблем на существующих сооружениях очистки шахтных вод с целью интенсификации их работы и повышения эффективности очистки с минимальными затратами необходимо:

- создать нормативную (1,5 – 3,0 м) глубину зоны отстаивания, для чего нужно освободить секции отстойников от уловленного ранее шлама;
- оборудовать отстойники рассредоточенными подводными распределительными устройствами, позволяющими подавать стоки в зону отстаивания по всей ее ширине и глубине с одинаковыми скоростями в безнапорном режиме;
- для удаления выделенных в отстойниках нефтепродуктов предусмотреть установку в них нефтесборных устройств;
- для сохранения в зоне отстаивания устойчивого ламинарного режима работы дооборудовать сооружения рассредоточенными водосборными устройствами, обеспечивающими равномерный отвод средних, наиболее чистых слоев очищенных стоков;

- постоянно следить и поддерживать нормативную глубину и длину отстойной зоны;
- фильтрующие дамбы отсыпать нужной ширины и из материала соответствующих грязеемкости и фракционного состава, что создаст условия для достижения наилучших эффектов задержания мелкодисперсных взвешенных веществ и нефтепродуктов из очищаемых шахтных вод.

Необходимо рассмотреть возможность использования фильтрующих материалов из горелых пород,готавливаемых фирмой «Аргеллит» (г. Киселевск), эффективность которых доказана на водопроводных сооружениях Кемеровской области [6]).

Предлагаемые решения по реконструкции очистных сооружений показаны на рисунке.

Повышение эффективности очистки стоков существующих очистных сооружений достигается за счет:

- увеличения коэффициента использования объема зоны отстаивания;
- создания и сохранения устойчивого ламинарного режима очистки;
- своевременного и регулярного удаления выделенных нефтепродуктов;
- одно- и двухступенчатой доочистки стоков фильтрацией через зернистую загрузку из местных фильтрующих материалов.

Реконструкция очистных сооружений заключается в дооборудовании их:

- рассредоточенной глубинной водораспределительной системой;
- рассредоточенной водосборной системой;
- нефтесборными устройствами;
- фильтрующими сооружениями из соответствующего материала и требуемой длины.

Реализация предлагаемых мероприятий даст возможность достичь качества очищенного стока, позволяющего использовать его в системах производственного водоснабжения.

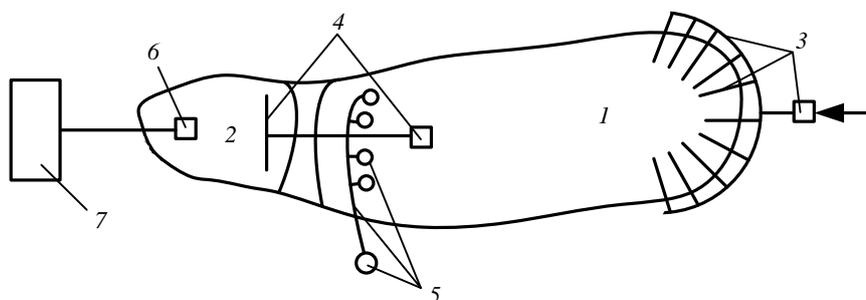


Схема дооборудования существующих очистных сооружений:

1 – зона отстаивания; 2 – зона фильтрации; 3 – водораспределительная система; 4 – водосборная система; 5 – нефтесборная система; 6 – водосборной колодезь; 7 – насосная станция с обеззараживающей установкой

**Выводы.** При выполнении предлагаемых мероприятий возможно значительно повысить эффективность работы существующих сооружений по извлечению механических загрязнений и нефтепродуктов. Но решить все возникающие проблемы при очистке шахтных вод сложного химического состава по удалению ионов тяжелых металлов, фенолов и других сложных углеводородов без применения более глубоких методов физико-химической или электрохимической очистки проблематично [7]. Включение в существующую схему очистки шахтных вод дополнительных более глубоких методов – вполне осуществимые мероприятия, но для этого могут потребоваться изменения технологического регламента работы существующих сооружений механической очистки в увязке с дополнительными методами обработки стоков и дополнительные капитальные вложения. Однако все затраты, вложенные в модернизацию действующих сооружений, будут оправданы качеством очищенного стока, который можно будет использовать на производственные нужды самой шахты и других предприятий. А главное, будет предотвращен сброс в водные объекты ненормативно очищенных сточных вод, тем самым защищены водисточники от загрязнения, истощения, деградации и в целом улучшена экологическая ситуация с водными ресурсами в регионе и Сибирском федеральном округе.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов А.А., Ворон Л.В. Очистка шахтных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. Вып. 13. С. 108 – 113.
2. Дьяков Е.В., Ворон Л.В. Очистка шахтных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. Ч. III. Вып. 16. С. 54 – 58.
3. Кривцова Е.Г., Ворон Л.В. Очистка шахтных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. Ч. III. Вып. 16. С. 69 – 72.
4. Беркетова Е.А., Ворон Л.В. Очистка карьерных вод с территории угольного разреза. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. Ч. III. Вып. 16. С. 58 – 62.
5. Кривцова Е.Г., Ворон Л.В. Электрокоагуляция в очистке сточных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2011. Вып. 15. С. 156 – 161.
6. Гохман Б.М., Ланге Л.Р. Обследование водопроводных очистных сооружений // Водоочистка. 2010. № 6. С. 38 – 40.
7. Сапрыкин И.С., Ворон Л.В. Электрохимические методы обработки производственных сточных вод. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2014. Ч. IV. Вып. 18. С. 232 – 236.

© 2015 г. Л.В. Ворон, Л.Р. Ланге,  
А.М. Благоразумова  
Поступила 24 февраля 2015 г.

*А.В. Шмыглёва*

Сибирский государственный индустриальный университет

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ  
КУЗБАССА**

Кемеровская область обладает как уникальными природными богатствами, так и значительным промышленным потенциалом и имеет большое значение для развития экономики страны. Высокая степень концентрации производственных объектов на территории области способствует тому, что более половины населения области постоянно подвергается влиянию загрязнения атмосферы, водные источники и системы центрального водоснабжения представляют опасность для здоровья жителей области. В связи с этим представляется актуальным изучение экологических проблем региона в историческом контексте.

Цель настоящей работы – проанализировать, как изменялось состояние окружающей природной среды в Кузбассе в период форсированного индустриального освоения региона (конец 20 – 60-е гг. XX в.).

Начало масштабного освоения природных ресурсов региона связано со строительством Урало-Кузнецкого комбината. В первом все-союзном народно-хозяйственном пятилетнем плане (1928 – 1932 гг.) намечалось создание в восточных районах страны сразу нескольких базовых отраслей экономики: топливно-энергетического комплекса, черной и цветной металлургии, тяжелого и транспортного машиностроения. Претворение в жизнь этого крупнейшего в XX веке проекта стало не только масштабным социально-экономическим событием, но и мощнейшим фактором индустриализации и модернизации восточных районов страны. Кузбассу в нем отводилась роль важнейшего в СССР центра добычи коксующегося и энергетического угля – сырья и топлива для черной металлургии и химической промышленности [1].

В 1928 – 1932 гг. были построены и начали работать 24 шахты, за вторую и третью пятилетки введены в эксплуатацию еще 48 шахт. В 1929 г. началось строительство гиганта отечественной индустрии – Кузнецкого металлургического комбината (КМК). Одновременно происходило создание химической промышленности и энергетики: продолжалось строительство Коксохимического завода, в 1932 г.

начала работать ТЭЦ КМК, в 1934 г. – Кемеровская ГРЭС и т.д. Строительство новых и реконструкция старых электростанций позволили увеличить их мощность с 5 тыс. кВт в 1928 г. до 280 тыс. кВт в 1940 г., то есть примерно в 55 раз. Таким образом, богатый природными ресурсами Кузнецкий край за считанные годы превратился в край металлургической, химической, угледобывающей и энергетической промышленности [2].

С 1928 по 1940 г. кузбасская промышленность увеличила выпуск продукции в 23 раза, что, естественно, увеличило техногенную нагрузку на окружающую среду. В связи с тем, что строительство велось в экстремальных условиях (не хватало квалифицированных кадров, денежных средств, оборудования и т.д.), в этот период практически не решались вопросы полного использования сырья и утилизации отходов, не учитывались последствия техногенных решений. Сами решения часто принимались некомпетентными людьми, поскольку руководители не имели необходимого образования и квалификации.

Развитие промышленности происходило без учета природно-климатических особенностей района и местных потребностей, базовые отрасли тяжелой индустрии развивались высокими темпами, а оборудование, транспортные средства, товары широкого потребления ввозились из европейской части страны. Многие предприятия и целые города были построены без учета санитарно-гигиенических и градостроительных требований, метеорологических факторов, что в дальнейшем обусловило наличие жилых массивов в непосредственной близости от производства и высокие концентрации вредных веществ в атмосфере и воде городов [3].

В условиях индустриализации быстрыми темпами росло население региона: с 1926 по 1939 г. численность городского населения Кузбасса увеличилась с 1,4 до 4,4 млн. человек. Вследствие этого Кузбасс стал наиболее урбанизированным районом Западной Сибири. С самого начала строительства предприятий условия жизни населения были очень тяжелы-

ми, катастрофически не хватало жилья, продуктов питания, одежды. В 1920 – 1930-х гг. в Кузбассе сложилась неблагоприятная санитарно-гигиеническая обстановка, а в Сталинске (Новокузнецке), население которого превышало 160 тыс. человек [4], увеличилась заболеваемость инфекционными болезнями. Одной из основных причин санитарно-эпидемиологического неблагополучия в городе было отсутствие водопровода и канализации.

Второй этап наращивания промышленного потенциала, сопровождавшийся усиленной эксплуатацией природных ресурсов в Кузбассе, связан с Великой Отечественной войной и послевоенным восстановлением. Промышленное производство Кузбасса, как и других областей Сибири, в кратчайший период было перепрофилировано на выпуск военной продукции или продукции, необходимой для ее изготовления. В этот период в области кроме собственных работали эвакуированные предприятия (анилино-кра-сочный, химико-фармацевтический, электро-механический, «Карболит» и другие заводы), которые имели исключительное стратегическое значение [5]. Кроме того, было построено много новых предприятий, в том числе машиностроительный, ферросплавный и алюминиевый заводы в Сталинске, химико-фармацевтические – в Анжеро-Судженске и Кемерово [6]. За годы войны добыча угля возросла в 1,5 раза, выпуск металла – в 2,5 раза, производство химической продукции – в семь раз [7]. Вследствие бурного роста промышленности состояние окружающей среды продолжало ухудшаться.

В ноябре 1948 г. состоялась конференция по развитию производительных сил Кузбасса, после которой в области активизировалось строительство предприятий угольной промышленности. Первый угольный разрез (Краснобродский) начал работать в 1948 г., в начале 1950-х гг. были введены в эксплуатацию еще восемь разрезов. К 1958 г. добычу угля в Кузбассе вели 75 шахт, 12 разрезов, работали 20 обогатительных фабрик; добыча угля возросла за десять лет в 97 раз. Кроме открытого способа вскоре стали применять гидравлический: к 1957 г. было построено пять комплексов гидродобычи угля [7].

Послевоенное восстановление промышленности давалось нелегко, так как многие предприятия нуждались в реконструкции. По-прежнему в ходе реконструкции и строительства предприятий не учитывалось влияние производственных факторов на окружающую среду, экологическая система рассматривалась как площадка для размещения производства

или ресурсная база, эксплуатация которых происходила без учета интересов окружающей среды [8].

В соответствии с решениями XIX и XX съездов КПСС был принят курс на преимущественное развитие в Сибири энергоемких отраслей тяжелой промышленности, что в очередной раз привело к значительному увеличению добычи минерального сырья и росту промышленного воздействия на окружающую среду. В итоге в 1950 – 1960-х гг. в городах и поселках обострилась проблема водоснабжения, наблюдался рост загазованности атмосферного воздуха [9 – 11]. Одной из наиболее острых экологических проблем в Кемеровской области было загрязнение атмосферы населенных пунктов выбросами промышленных предприятий, транспорта и котельных. В связи с тем, что многие производственные объекты размещались в жилых кварталах, а их выбросы содержали в больших количествах аэрозоли, золу, органические вещества, сажу, смолы и другие вредные вещества, загрязнение воздуха пылью, сажей, сернистым и угарным газами в несколько раз превышало допустимые нормы.

Поверхностные источники воды также подвергались масштабному негативному воздействию со стороны промышленности и населения. Река Томь (основной источник водоснабжения более чем 200 населенных мест, в том числе городов Междуреченск, Новокузнецк, Кемерово, Юрга и Томск) потеряла свое хозяйственно-питьевое значение и стала опасной для здоровья населения [9]. Основные источники загрязнения рек – сбросы сточных вод промпредприятиями, свалки, хозяйственно-бытовые стоки.

Систематические многолетние исследования воды в реке Томь, проводившиеся в 1950 – 1960-е гг., показали, что хозяйственная деятельность является важнейшим фактором формирования химического состава воды. Если в районе города Междуреченск качество воды приемлемо для хозяйственного и бытового использования, то в районе Новокузнецка вода настолько сильно загрязнена, что это можно было определить визуально (масляные пятна, мазутные отложения и т.п.). Новокузнецкие предприятия сбрасывали в Томь более 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут. неочищенных шахтных вод, а также воды металлургического, алюминиевого и других производств. В реку попадали аммоний, нитриты, сульфаты и другие опасные вещества [12].

Значительный вклад в загрязнение Томи вносили предприятия города Кемерово, которые сбрасывали в реку каждые сутки 350 тыс. м<sup>3</sup>

сточных вод. В стоках содержались такие вещества, как фенол, анилин, нитробензол, капролактамы, бензол, аммиак, соли тяжелых металлов, смолистые вещества. В сочетании друг с другом они давали еще более опасные стойкие и токсичные соединения. Предприятия Томска добавляли в Томь порядка 120 тыс. м<sup>3</sup>/сут. сточных вод, в которых содержалось около 300 кг тяжелых металлов и до двух тонн нефтепродуктов [12]. Загрязнение воды фенолами, нефтепродуктами, кислотами и щелочью отрицательно сказывалось на рыбных запасах Томи и ее притоков. За несколько послевоенных лет вылов рыбы в Кемеровской и Томской областях сократился в десять раз, река Томь потеряла рыбопромысловое значение, стала непригодной для питья и опасной для здоровья населения. Проблема нехватки качественной питьевой воды особенно остро ощущалась в Кемерово и Томске.

Однако в этих условиях местные органы власти практически не уделяли внимания проблемам качества окружающей среды. В основном решением вопросов, связанных с экологией, занимались специалисты санитарно-эпидемиологической службы (СЭС) и других контролирующих органов. В Новокузнецке все промышленные предприятия были взяты на учет СЭС, составлен план мероприятий по ликвидации загрязнений. В 1950 – 1960-х гг. под контролем СЭС было построено более 300 очистных сооружений, разработаны проекты санитарно-защитных зон для семи крупных предприятий, созданы целевые службы и лаборатории по наблюдению за работой очистных сооружений [13].

После принятия в 1960 г. Закона «Об охране природы в РСФСР» функции контроля за соблюдением действующих законов по охране природы и выполнением мер по сохранению и восстановлению природных ресурсов были возложены на местные советы народных депутатов [14]. Именно они должны были осуществлять меры по обеспечению охраны окружающей среды от вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, по рациональному использованию природных богатств и восстановлению их запасов. Однако советы народных депутатов до середины 1960-х гг. не рассматривали проблемы охраны окружающей среды в качестве приоритетных.

Лишь в 1965 г. при горисполкоме г. Новокузнецка, а затем и в других городах области были созданы комитеты по борьбе с выбросами в атмосферу и водоемы. Фактически это означало признание актуальности экологических проблем городскими властями. Прове-

денные мероприятия позволили снизить количество вредных веществ, поступающих в окружающую среду от предприятий. По данным Верхне-Обского бассейнового управления по регулированию использования и охраны вод на Кузнецком металлургическом комбинате сократился сброс загрязняющих веществ [15]. За 18 лет почти в 50 раз снизились количество сбрасываемых фенолов и в 12 раз – взвешенных веществ. Однако в целом природоохранная деятельность имела ограниченный характер, так как состояние окружающей среды на данном этапе не оценивалось как критическое или неблагоприятное.

В соответствии с распоряжением Госплана РСФСР от 9 июня 1969 г. предприятия должны были представить план природоохранных мероприятий на 1971 – 1975 гг. в министерства и ведомства после согласования с местными властями, санитарно-эпидемиологической службой и другими заинтересованными структурами. Однако в ходе проверок, которые проводились комиссиями по охране природы, были выявлены многочисленные факты нарушений природоохранного законодательства и безответственное отношение руководителей предприятий к природоохранной деятельности. Например, Кемеровским облисполкомом были обнаружены существенные просчеты, допущенные предприятиями при составлении планов природоохранных мероприятий: многие предприятия недоучли показатели водопотребления и водоотведения (химический завод в Ленинске-Кузнецком, завод полимерных строительных материалов в Мариинске, предприятия химической промышленности в Юрге, завод металлургического оборудования в Кемерово и другие); некоторые предприятия не предоставили проекты планов (клеевой завод в Ленинске-Кузнецком, Юргинский абразивный завод, Управление Западно-Сибирской железной дорогой); ряд мероприятий, имеющих важное значение для охраны природы, не был включен в планы предприятий.

Создание постоянных областных и городских комиссий по охране природы не решило проблемы: по-прежнему экологическим вопросам со стороны местных органов власти уделялось недостаточно внимания, постановления комиссий часто не выполнялись, контроль за их исполнением практически не осуществлялся. Эти факты свидетельствуют о том, что в указанный период масштабы экологических нарушений в регионе недооценивались, а экологические проблемы не воспринимались природопользователями как приоритетные.

Учитывая перечисленные недостатки, Кемеровский облисполком обратился в Госплан с просьбой дать указание министерствам и ведомствам дополнительно включить в комплексный план на 1971 – 1975 гг.: строительство второй очереди канализации в городах Кемерово, Новокузнецк, Гурьевск; организацию санитарно-защитной зоны на ЗСМК, КМК, Абагурской и Мундыбашской аглофабриках; строительство очистных сооружений на ряде предприятий области.

В 1960-е гг. продолжалось наращивание объемов производства, объем промышленной продукции, выпускаемой в Кузбассе, увеличился за 1940 – 1970 гг. в десять раз [16]. Было построено около 600 промышленных предприятий, в том числе еще один гигант индустрии – Западно-Сибирский металлургический комбинат в Новокузнецке. Несмотря на то, что это был завод нового поколения, с усовершенствованной технологией, он стал одним из основных загрязнителей городской окружающей среды.

В начале 1970-х гг. Кузбасс столкнулся с целым комплексом экологических проблем, вызванных влиянием промышленного производства. К ним, в первую очередь, относятся загрязнение воздуха и воды вредными веществами, деградация земель и лесов и, как следствие, ухудшение здоровья населения. В связи с этим оздоровление окружающей среды было признано первоочередной задачей. На уровне отдельных городов и районов, а также области в целом началась разработка специальных программ по очистке рек, воздушного бассейна, рекультивации почв и восстановлению лесов, принимались меры, направленные на реконструкцию и закрытие морально и физически устаревших производств.

Несмотря на меры, принятые ранее согласно постановлениям Совета Министров РСФСР от 9 сентября 1963 г. и 11 июня 1968 г., уровень загрязнения реки Томи (основного источника водопотребления в Кузбассе), в начале 1970-х гг. оставался высоким, а в атмосферу попадало огромное количество вредных веществ [17]. Основными загрязнителями окружающей среды по-прежнему были предприятия угольной, металлургической, химической, машиностроительной отраслей.

Ухудшение качества окружающей среды в регионе происходило постепенно и было вызвано в основном следующими факторами:

– специфическими ландшафтно-климатическими условиями, которые не были учтены в процессе проектирования и строительства промышленных комплексов и населенных пунктов;

– форсированным развитием промышленности, сопровождавшимся быстрым ростом населения и урбанизацией;

– отсутствием эффективной системы управления природопользованием и охраной окружающей природной среды в условиях экстенсивного хозяйствования.

**Выводы.** Исторический анализ экологических проблем региона свидетельствует о том, что их появление было закономерным. Приходится признать, что в таком промышленно развитом регионе, как Кемеровская область, десятилетиями отсутствовала эффективная система контроля качества окружающей среды, предприятия не выполняли запланированные мероприятия, а большая часть населения не принимала участия в природоохранной деятельности, что подтверждается публикациями в газете «Кузбасс» и материалами комиссии по охране природы при Кемеровском облисполкоме [18].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимошенко А.И. Проекты социально-экономического развития Сибири в XX веке: концепции и решения. Исторические очерки / Отв. ред. С.С. Букин. – Новосибирск: Параллель, 2007. С. 122.
2. История Кузбасса / Отв. ред. Н.П. Шуранов. – Кемерово: ИПП «Кузбасс», «СКИФ», 2006. – 306 с.
3. Ермаков Н.С. Кузбасс в XII пятилетке. – Кемерово: Кемеровское книжное изд-во, 1986. С. 131.
4. Государственный архив Кемеровской области. Ф. Р. 12. ОП. 1. Д. 1. Л. 30.
5. Кузнецкий рабочий. 1988. 3 фев. С. 12.
6. Комогорцев И. Большая химия Сибири. – Новосибирск: Западно-Сибирское книжное изд-во, 1964. С. 29.
7. Алексеев В.В. Индустриальное освоение Сибири. Опыт послевоенных пятилеток. 1946 – 1960. – Новосибирск: Наука, Сибирское отд-ние, 1989. С. 66 – 77.
8. Государственный архив Кемеровской области. Ф. 1. Оп. 1. Д. 767. С. 19.
9. Лаптев И.П. Общие задачи охраны и преобразования природы Западной Сибири // Вопросы охраны природы Западной Сибири. Бюллетень. 1958. № 1.
10. Полов А. Охрана природы Алтая. – Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1964. – 48 с.

11. Природа Томской области и ее охрана. – Томск: изд. Томского гос. ун-та, 1960. Вып. 1. – 50 с.
12. Р о г о в Г.М., П л е в а к о Г.А., С о л о - д о в н и к о в а Р.С., Ш а м о л и н В.А. Качество воды р. Томи в связи с использованием ее для целей водоснабжения. – В кн.: Охраняй природу. Материалы научно-технической конференции по охране природы Томской области. – Томск: Западно-Сибирское книжное изд-во, Томское отделение, 1967. С. 101 – 107.
13. Развитие санитарно-эпидемиологической службы г. Новокузнецка Кемеровской области. Историческая справка. Подготовлено Ермолаевой А.Д., Самуйло О.И. и др. // Текущий архив СЭС г. Новокузнецка.
14. Закон Об охране природы в РСФСР // Ведомости ВС РСФСР. 1960. № 40. Ст. 586.
15. Государственный архив Новосибирской области. Ф. Р. 2083. Оп. 1. Д. 24.
16. М а р т ы н о в Ф.А. Экономический механизм рационального природопользования. – Томск: изд. Томского гос. ун-та, 1990. – 178 с.
17. Н о т к и н а Л. Решать проблему сообща // Кузнецкий рабочий. 1972. 2 дек. С. 2.
18. Государственный архив Кемеровской области. Ф. Р. 790. Оп. 2. Д. 184.

© 2015 г. А.В. Шмыглева  
Поступила 4 марта 2015 г.

УДК 622.271(075.8)

*И.С. Семина*

Сибирский государственный индустриальный университет

### **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИТОГЕННЫХ РЕСУРСОВ В РЕКУЛЬТИВАЦИИ С ЦЕЛЬЮ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КУЗБАССА**

Кузнецкий бассейн является наиболее промышленно развитым регионом Сибири как по количеству запасов угля, так и по его добыче. В настоящее время в регионе добывается 56 % угля в России. В стратегии социально-экономического развития Кемеровской области на основании данных Федеральной службы государственной статистики в 2006 г. в Кузнецком угольном бассейне добыто 174,0 млн. т угля, в сравнении с 2005 г. прирост составил 105,2 %. Особо высокий темп роста наблюдается на угольных предприятиях, ведущих добычу открытым способом. По оценкам специалистов можно отметить, что в перспективе добыча угля существенно увеличится и к 2030 г. будет составлять 275 – 330 млн. т [1]. Следовательно, и техногенная нагрузка на окружающую среду существенно возрастет.

Если говорить о масштабах пагубного воздействия угледобывающих предприятий на окружающую среду, то можно отметить следующее: каждая тысяча тонн угля при подземной добыче полезных ископаемых сопровождается размещением на земной поверхности 50 –

60 м<sup>3</sup> вмещающих пород; каждая тысяча тонн обогащения сопровождается размещением 40 – 50 м<sup>3</sup> пустых пород. Нарушение геологической среды в значительной мере обусловлено увеличением доли открытого способа добычи полезных ископаемых с формированием новых, техногенных ландшафтов. Ежегодно извлекается более 400 млн. т вскрышных и вмещающих пород [2]. В настоящее время по оценкам специалистов в Кемеровской области имеется более 100 тыс. га нарушенных земель, и в связи с тем, что добыча угля в регионе будет увеличиваться, соответственно площадь техногенно нарушенных территорий возрастет [2]. Следует отметить, что в Кузбассе рекультивация проведена на 20 % нарушенных земель: меньше, чем в любом другом угольном регионе страны, и качество рекультивированных территорий оставляет желать лучшего.

В ходе разработки месторождений открытым способом одной из основных технологических задач является создание устойчивого рельефа как в карьере, так и на отвалах для безопасного ведения горных работ и рацио-

нального размещения техногенных объектов. Для этого необходимо учитывать физико-механические свойства пород и формировать определенные элементы рельефа, которые в последующем составят основу будущих ландшафтов, подлежащих рекультивации [3].

На основании проведенных многолетних исследований установлено, что от того, насколько в процессе отработки месторождения будут сохранены основные литогенные ресурсы, отвечающие за восстановление почвы и биогеоценозов в целом, и учтены специфика рельефа и перспективы восстановления нарушенных земель после окончания эксплуатации разреза, во многом будет зависеть и эффективность рекультивационных мероприятий [4 – 6].

С экологической точки зрения любое преобразование недр земли сопровождается формированием новых, техногенных местообитаний, экологическое состояние которых в решающей мере определяется качеством слагающих их пород. По этой причине в понятие «георесурсы» следует включать не только полезное ископаемое, но и вмещающие и вскрышные породы, складываемые в отвалах. Любая порода, складываемая в отвалах, характеризуется своими физико-механическими свойствами, которые определяют условия перемещения и складирования, и обладает тем или иным потенциалом, способствующим или препятствующим восстановлению в техногенном ландшафте нового почвенного покрова и экосистемы в целом. В этом смысле эффективное использование и сохранение георесурсов должно предполагать такую технологию отвалообразования, при которой создаются наилучшие условия реализации потенциала самовосстановления почвы и, соответственно, экосистемы [7].

Поскольку почва является базисом любой наземной экосистемы, определяющим направлением развития и особенности функционирования экосистем, то скорость ее формирования определяет скорость восстановления всех других компонентов экосистемы и качество их функционирования (фитоценозов, микробеценозов, зооценозов и т.д.). Однако темп почвообразования, в первую очередь, зависит от качества литологических условий, создаваемых на стадии формирования техногенного ландшафта, и определяется свойствами георесурсов и технологией отвалообразования. Поэтому скорость самовосстановления почвенного покрова в техногенном ландшафте и сингенетичных почвах экосистем необходимо считать мерилем экологической эффективности использования георесурсов в процессе отработки

месторождений и эффективности последующей рекультивации.

К основным литогенным ресурсам рекультивации относят породы, содержащие физическую глину необходимого качества: потенциально плодородные породы (ППП) и плодородный слой почвы (ПСП). В Кузбассе ППП в основном представлены четвертичными породами, к которым относятся лессовидные покровные суглинки и глины. Именно на этих породах сформировались зональные типы почв Сибири. Материал, содержащий гумус, формируется в поверхностных слоях почвы и представляет собой ее плодородный слой. Эти основные субстраты составляют основу литогенных ресурсов рекультивации в Кузбассе. Это обусловлено тем, что именно эти субстраты обеспечивают восстановление основных почвенно-экологических функций и создают условия для быстрого восстановления нарушенных экосистем. Следует обратить особое внимание на то, что стратегически наиболее важными местными ресурсами рекультивации являются субаэральные лессовидные суглинки (ППП). Однако практика показывает, что при существующих схемах открытой разработки месторождений эти ресурсы практически полностью уничтожаются. Лессовидные суглинки при отвалообразовании смешиваются с вмещающими породами, в той или иной степени метаморфизированными древними осадочными отложениями (песчаниками, алевролитами и аргиллитами), что приводит к формированию малоплодородной смеси, препятствующей развитию растительности и почвообразовательных процессов.

В общем виде все ресурсы рекультивации можно разделить на две большие группы: литогенные и биогенные. Полнота и эффективность использования в проектах рекультивации литогенных ресурсов зависит от качества проекта, а биогенных – от скорости формирования внутрпочвенных биоценозов в условиях, созданных в техноземах с помощью литогенных ресурсов. Если бы местные литогенные природные ресурсы рекультивации не уничтожались при существующей неселективной системе отвалообразования, то перспективы рекультивации нарушенных земель в Кузбассе выглядели бы следующим образом: на двух третях площади Кузбасса, где в основном сосредоточены угледобывающие предприятия, запасы местных литогенных природных ресурсов рекультивации достаточны для реализации проектов рекультивации с высокими параметрами почвенно-экологической и даже хозяйственной эффективности. На всей территории

Кузбасса можно реализовать проекты с высокой почвенно-экологической и хозяйственной эффективностью с учетом индивидуальных горно-геологических условий и природно-климатических особенностей. Так, например, на старом разрезе (Калтанский угольный разрез, возраст более 30 лет) в 2011 г. был введен в эксплуатацию участок «Алардинский-Восточный», где мощность четвертичных отложений составляла 20 – 50 м (см. рисунок) [8].

Четвертичные отложения в этом районе развиты повсеместно и представлены бурыми некарбонатными глинами и лессовидными иловато-пылеватыми тяжелыми суглинками. Агрохимические свойства суглинков показывают наличие элементов биогенов (азот, фосфор и калий). Содержание этих элементов в суглинках следующее: 0,11 – 0,12 % валового азота, 0,1 – 0,3 % фосфора, 1,3 – 1,7 % калия, 6 – 12 мг/100 г подвижного фосфора, 6 – 12 мг/100 г калия обменного. Минералогический состав суглинистого материала определяется как гидрослюдисто-монтмориллонитовый [9]. Известно, что минералы монтмориллонитовой группы обладают высокой дисперсностью и гидрофильностью, что благоприятно влияет на влажность субстрата.

Исследования рентгеноспектрального анализа выполнены в ЦКП «Материаловедение» СибГИУ. В суглинистом материале горнопромышленного отвала содержится 60,73 %  $\text{SiO}_2$ ; 12,46 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; 1,32 %  $\text{CaO}$ ; 16,79 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 1,58 %  $\text{MgO}$ ; 0,74 %  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 2,73 %  $\text{K}_2\text{O}$ .

Для пород суглинистого состава в Кузбассе характерны микроагрегированность, пористость, близкая к нейтральной реакция среды. Такие благоприятные физические и физико-химические свойства этих пород, а также

наличие элементов биогенов обуславливают их значительную ценность в качестве почвообразующих пород при формировании молодых почв на отвалах угледобывающих предприятий [9]. Следует отметить, что именно рыхлые вскрышные породы составляют основу литогенных ресурсов рекультивации, так как их физико-химические свойства благоприятны для создания корнеобитаемого слоя. При их рациональном использовании в процессе рекультивации можно значительно улучшить почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов.

Несмотря на сложность сохранения литогенных ресурсов в процессе отработки месторождения на Калтанском угольном разрезе ценные литогенные ресурсы рекультивации были сохранены и транспортированы на внешние отвалы для проведения технологического этапа рекультивации. При этом на выровненной поверхности отвалов был сформирован слой из суглинистого материала. Мощность слоя из благоприятной породы для биологического освоения составила более 1 м, что достаточно для восстановления естественного растительного покрова [8].

Ранее проведенные исследования техногенных ландшафтов в этом районе позволили установить, что основными лимитирующими факторами для развития растительности и почвенного покрова являются неблагоприятные физические и водно-физические свойства субстрата отвалов, которые не способствуют эффективному использованию атмосферных осадков, что приводит к формированию жесткого гидротермического режима на отвалах, сложенных в основном каменистыми породами. Поэтому почвенно-экологическая эффек-



Участок «Алардинский-Восточный»

тивность рекультивации без использования ППП остается очень низкой. Формирование корнеобитаемого слоя из ППП позволяет создать благоприятные условия для развития первичных почвенных и растительных сукцессий. При этом необходимо учитывать, что мощность отсыпаемого горизонта из ППП во многом определяет эффективность рекультивации. Для горно-таежной зоны отсыпанная мощность суглинка должна удерживать среднегодовое количество осадков [6].

В естественных ландшафтах на дерново-глубокоподзолистых почвах атмосферные осадки (около 650 мм) удерживаются толщиной 1 м. Поэтому метровый слой ППП на спланированной поверхности способен усваивать все атмосферные осадки, что будет способствовать восстановлению зонального типа растительности и достижению высокой (более 90 %) почвенно-экологической эффективности рекультивации. При отсыпке ППП мощностью 50 см почвенно-экологическая эффективность составит 50 %. Однако даже и при таком слое ППП почвенно-экологическая эффективность будет достаточно высокой [6]. Наблюдения за процессом естественного самозаращения растительностью этих отвалов, где вновь образованный субстрат представляет собой почти стерильные неозокотопы, которые осваиваются организмами «с нуля», показали, что скорость формирования первичной растительности значительна. Уже через три года на отвалах, где верхний слой сформирован из благоприятной породы для биологического освоения, проективное покрытие растительностью составляет около 80 %.

Таким образом, для решения проблемы рационального использования экологически ценных георесурсов ППП и ПСП и снижения негативных экологических последствий нарушения земель необходимо рекомендовать уже на стадии разработки технико-экономического обоснования (освоения месторождения) оценивать перспективы применения технологий рекультивации с высоким экологическим эффектом [7]. Это достигается посредством оценки запасов георесурсов во вскрышной толще и их качества. Также необходимо на стадии разработки рабочих проектов рекультивации закладывать параметры, характеризующие экологическую эффективность предлагаемой технологии рекультивации и позволяющие достичь поставленных перед проектом целей и задач экологического и хозяйственного плана. Практика показывает, что в настоящее время существующие административные и исполнительные структуры не способны

сформулировать проектные задания с количественно заданными параметрами экологической и хозяйственной эффективности рекультивационных мероприятий. По этой причине предлагается использовать принятую во всем мире систему дифференцированной ответственности за принятие решений, имеющих экологические последствия в области рекультивации нарушенных земель, и более широко привлекать к практической разработке рекультивации нарушенных земель научных сотрудников [10].

Геохимические аномалии промышленных территорий Кузбасса формируют техногенное загрязнение. Такие аномалии вызваны процессами, которые нарушают первичное сингенетическое распределение химических элементов в почвах и горных породах. Следует отметить, что с техногенных образований сдувается значительное количество пыли, которая может содержать вредные вещества. Уменьшить негативное влияние техногенных ландшафтов возможно путем ускорения процессов рекультивации за счет выполнения горнотехнического этапа рекультивации в период разработки месторождения, а также за счет внедрения высокоэффективных технологий восстановления земель с наибольшей полнотой использования местных природных ресурсов рекультивации.

**Выводы.** Можно отметить, что темпы роста добычи угля открытым способом способствуют развитию напряженной экологической ситуации в регионе. Для решения проблем рекультивации нарушенных территорий необходим комплексный подход, который должен включать в себя следующие мероприятия:

- применение систем разработки с внутренним отвалообразованием не только при разработке горизонтальных и пологих залежей, но и при разработке наклонных и крутых залежей в соответствующих условиях, без занимания естественных ландшафтов;

- проектирование технологии отработки таким образом, чтобы отработанные карьерные выемки заполнялись вскрышными породами с соседних участков или действующих разрезов (независимо от расстояния) с целью уменьшения объемов выработанного пространства после отработки месторождения;

- создание условий для экологического и безопасного функционирования техногенных ландшафтов, а именно, применение селективной технологии выемки плодородных и потенциально плодородных пород и их складирование в верхней части отвала вскрышных пород;

- учет природно-климатических условий района отработки месторождений полезных

ископаемых для формирования оптимальной мощности верхнего слоя из пород, благоприятных для биологического освоения;

– формирование благоприятного неуплотненного холмистого рельефа отвалов с разнообразными насаждениями, что является фундаментальной основой для дальнейшей конструкции ландшафта и формирования почвенного и растительного покровов;

– создание таких систем разработки месторождений полезных ископаемых, которые после завершения горных работ обеспечат эстетическое восприятие техногенных ландшафтов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области до 2025 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ako.ru/> (Дата обращения: 05.05.2015).
2. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса / В.П. Потапов, В.П. Мазикин, Е.Л. Счастливцев, Н.Ю. Вашлаева. – Новосибирск: Наука, 2005. – 661 с.
3. О в ч и н н и к о в В.А. Комплексность исследований по рекультивации земель, нарушаемых карьерами // Растительность и промышленные загрязнения. 1970. Вып. 7. С. 90 – 96.
4. А н д р о х а н о в В.А., К у р а ч е в В.М. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 165 – 169.
5. А н д р о х а н о в В.А., К у р а ч е в В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2010. – 221 с.
6. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования / И.С. Семина, И.П. Беланов, А.М. Шипилова, В.А. Андроханов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 394 с.
7. С е м и н а И.С. О рекультивации нарушенных земель на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 12. С. 307 – 315.
8. С е м и н а И.С. Рациональное использование литогенных ресурсов рекультивации как основа для экологически безопасного развития техногенных ландшафтов // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 11. С. 36 – 38.
9. Т р о ф и м о в С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. – 300 с.
10. Г а д ж и е в И.М., К у р а ч е в В.М., А н д р о х а н о в В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 36 с.

© 2015 г. И.С. Семина  
Поступила 5 мая 2015 г.

УДК 666.9:620.22

**К.А. Черепанов<sup>1</sup>, С.Г. Коротков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Новокузнецкий филиал – институт Кемеровского государственного университета

<sup>2</sup>Сибирский государственный индустриальный университет

### ТЕРМОЗАЩИТА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОДИСПЕРСНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Проблема энергосбережения является одной из главных для стран северного полушария и особенно для России с ее суровым климатом. Одной из основных задач является повышение энергоэффективности и предотвращение потерь тепла при работе теплогенери-

рующих установок во время отопительного сезона.

Важным фактором является применение современных материалов, обеспечивающих длительную (и безаварийную) работу используемых тепловых агрегатов, например, котельных установок. Надежность и эффективность

их работы зависят от многих факторов: вида топлива; способов его сжигания; конструкции топливосжигающих устройств; теплопотерь при транспортировке тепловой энергии и др. При этом важным является и увеличение межремонтного срока работы котельных установок, когда вместо ежегодного ремонта котельного агрегата (особенно его обмуровки) производится защита металлических рабочих поверхностей с помощью современных керамических покрытий, а ремонт обмуровки выполняется с применением нанодисперсных вяжущих композиций, основой которых являются коллоидные растворы (золи), обладающие специфическими свойствами (тиксотропия и дилатансия). Эти так называемые золь-гель-технологии являются наиболее перспективными при создании высокотемпературных керамических покрытий [1, 2], которые могут быть использованы не только в камерах сгорания реактивных двигателей, но и в более простых случаях.

В соответствии со СНиП 21-01 – 97 авторами настоящего исследования разработан термозащитный состав нового поколения, механизм работы которого основан на терморасширении компонентов состава с образованием замкнутых микрополостей, заполненных нейтральным газом (типа  $N_2$ ,  $CO_2$ ), в то время, как в известных термозащитных (огнезащитных) составах (покрытиях) газовые микрополости образуются при горении состава с выделением значительного количества токсичных газов и образованием летучей золы.

Разработанный состав – экологически чистый двухкомпонентный продукт, состоящий из микросфер минерального наполнителя и неорганического клея-связки, основой которого является кремнезоль [3]. При применении не требуется предварительной подготовки защищаемой поверхности, вследствие значительной адгезии разработанного состава в нанесении грунта также нет необходимости. Состав на обрабатываемую поверхность может наноситься кистью, валиком или напылением, он не взрывоопасен, не горюч, может храниться в железной или пластмассовой таре. С загрязненного инструмента, оборудования, одежды, открытых частей тела смывается водой. При толщине наносимого слоя 1 мм реализуется 5 группа огнестойкости, при толщине 1,5 мм – 4 группа огнестойкости.

В последние годы большое внимание привлекли керамические вяжущие суспензии (КВС) с наличием в них коллоидного компонента. Наиболее известны такие суспензии, получаемые из материала кремнеземистого

состава, коллоидную основу которых представляет кремнезоль. Научное обоснование получения керамических суспензий является одним из сложных и все еще недостаточно разработанных вопросов коллоидной химии, в одном из разделов которой изучается взаимосвязь между интенсивностью взаимодействия дисперсных частиц как между собой, так и со средой и их агрегативной устойчивостью. Поведение дисперсных систем с коллоидным компонентом обычно рассматривается на основе теории Дерягина, Ландау, Фервея и Овербека (теория ДЛФО). Основу ее составляет существование в растворе двойного электрического слоя вокруг каждой частицы. В дополнение к теории ДЛФО Б.В. Дерягиным было введено представление о структурной составляющей расклинивающего давления, возникающего в связи с перекрытием граничных слоев жидкости, окружающей взаимодействующие частицы.

На основе исследования поведения водных дисперсных систем оксидных материалов (в том числе и кремнезоля) было выяснено, что структурная составляющая энергии взаимодействия частиц определяется природой вещества и в значительной степени зависит от pH, температуры, концентрации и типа электролита. Процесс растворения кремнезема (при его механо-химической обработке) является каталитическим, он ускоряется в нейтральной и особенно в щелочной среде с высоким значением pH (ионами  $OH^-$ ).

При изучении структурообразования в тиксотропных сырьевых смесях важными являются процессы, протекающие при твердении самой КВС, поскольку именно они играют основную роль в последующем упрочнении изделий. Контакт частиц дисперсной фазы КВС осуществляется с помощью полимолекулярных пленок – своеобразных адгезионных швов. Последние представляют собой коллоидно-химические структуры (сетки геля), образованные комплексами из гидратированных атомов кремния, алюминия и других элементов. При удалении воды из КВС (при сушке изделий) дисперсные частицы сближаются и на основе пленочного геля возникают высокопрочные фазовые контакты конденсационной структуры.

Описанный механизм твердения КВС протекает и в сырьевой смеси при изготовлении изделия. В этом случае в процессе его упрочнения участвуют как дисперсные частицы КВС, так и частицы используемого наполнителя, который обычно имеет полидисперсный состав. Следует отметить, что большинство КВС (в том числе и

на основе кремнезема) обладают большой адгезией, вследствие чего они являются своеобразным неорганическим клеем-связкой универсального типа. На его основе возможно склеивание неорганических материалов в различном сочетании (металлы, дерево, бетон, кирпич, минеральное волокно, стекло, ткани и т.д.).

С использованием изложенного выше механизма поведения коллоидных вяжущих систем авторами была разработана тиксотропная вяжущая композиция, содержащая кремнезоль, наночастицы которого интенсифицируют процесс конденсационного структурообразования во время твердения изделий. Вид применяемого заполнителя зависит от назначения изделия: например, если изготавливается огнеупорный материал (кирпич, блоки, обмазки, торкрет-массы) в качестве заполнителя используется бой огнеупорного кирпича, чаще всего шамотного, при этом приоритет отдается производству неформованных огнеупоров. Исключительной особенностью разработанной сырьевой смеси является то, что после низкотемпературной сушки изделия (штучные и неформованные) приобретают свойства, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 390 – 96 (для плотных) и ГОСТ 5040 – 96 (для пористых) огнеупоров. Причем, как указывалось ранее, обжиг их происходит по-существу во время эксплуатации теплового агрегата. В этом заключается существенное отличие технологии получения изделий на керамических связках от обычной технологии производства огнеупоров, в которой после сушки следует обжиг при температуре 1400 – 1500 °С в специальных печах.

Применение защитной обмазки, полученной по описанной выше технологии, при ремонтах обмуровки котлов в котельных городов юга Кузбасса позволило проводить два, а в некоторых случаях три отопительных сезона без ежегодно проводимых летних ремонтов котлов. Следует отметить, что повышение стойкости футеровки (обмуровки) тепловых агрегатов имеет не только экономический, но и существенный экологический эффект, связанный как с ресурсо- и энергосбережением, так и с уменьшением загрязнения окружающей среды.

Известно, что у пористых (теплоизоляционных) материалов характерным является относительно малая механическая прочность. Если эти материалы применяются при кладке печей, то эта характеристика не играет особого значения, однако, если такие материалы используются при строительстве зданий (в том числе жилых домов), то от них требуется повышенная прочность, особенно это важно при строительстве жилья в сейсмоопасных зонах.

Как известно, в каркасных зданиях стеновые ограждения не являются несущими, их по традиции выполняют из обычного строительного кирпича или различного рода стеновых панелей. На смену им должен прийти легкий, пористый материал, обладающий высокой механической прочностью по сравнению с применяемыми в настоящее время ячеистыми бетонами типа сибита.

С использованием КВС разработана технология получения газобетона с прочностью на сжатие в 1,5 – 2,0 раза превышающей требуемую по ГОСТ 25485 – 85 «Ячеистые бетоны». Эта технология уникальна еще и тем, что в качестве порообразователя используются твердые дисперсные отходы металлургической промышленности, причем завершающим этапом технологии является низкотемпературная сушка. В качестве кладочного раствора также используется указанная выше связка с повышенной вязкостью.

В настоящее время пришли к пониманию того, что эффективные в тепловом отношении ограждающие конструкции зданий, теплоизоляции в промышленности должны быть слоистыми, включающими наружный жесткий, прочный слой и утепляющий слой с низким коэффициентом теплопроводности. Кроме того, такие изделия должны быть долговечными, пожаробезопасными, экологически чистыми и технологичными как с точки зрения их производства, так и монтажа на здании, трубопроводе или элементе теплового агрегата (печи, котле).

Изготавливаемые строительные сэндвич-панели, представляющие собой теплоизоляционный материал (минераловатную плиту или пенополиуретан), заключенный в металлическую оболочку, имеют ограниченное применение. Их практически нельзя использовать при устройстве навесных фасадных систем, особенно в случае художественно-архитектурного решения фасада, и, кроме того, они довольно дороги. Теплоизоляционные плиты с комбинированной структурой с относительно жестким наружным слоем и более мягким внутренним (например, производства компании Rockwool), достаточно хорошо известны, они используются при теплоизоляции железобетонной кровли и металлического профнастила или после нанесения штукатурного слоя по наружной поверхности армирующей шпатлевки. Кроме того, это дорогая продукция и использование ее при строительстве доступного жилья весьма сомнительно.

В связи с указанным выше авторами была разработана ресурсо- и энергосберегающая технология изготовления двухслойных тепло-

изоляционных плит повышенной прочности из базальтового волокна, наружный слой которых выполнен из минеральной сырьевой смеси, изготавливаемой на основе кремнезоль и наносимой на поверхность обычной полужесткой плиты, «закрытой» стеклосеткой, напылением, набрызгом или каким-либо другим способом, причем вязкость наносимой сырьевой массы может регулироваться в широких пределах. После низкотемпературной сушки изделия покрытие приобретает абсолютную влагостойкость и высокую прочность на сжатие, толщина его может изменяться от 1 – 2 до 10 – 15 мм (в зависимости от требований заказчика). Применение таких плит разнообразно: они могут использоваться как при малоэтажном, так и при высотном строительстве, при устройстве плоских кровель и т.д., а также в теплоэнергетике (скорлупы и другие теплоизоляционные изделия для котлоагрегатов).

В последние годы появилась новая технология крепления теплоизоляционных и огнезащитных изделий к защищаемой поверхности: приклеивание их специальным огнестойким клеем. Таков, например, клей Conlit, применяемый компанией Rockwool, который может «работать» до температур порядка 1000 °С.

Авторами разработана технология изготовления аналогичного клея [4], причем изделия на его основе можно использовать при температурах 1500 – 1600 °С. Такой клей является относительно недорогим и экологически чистым продуктом.

**Выводы.** С использованием нанотехнологии изготовления и применения связующего нового поколения можно получать изделия со значительно улучшенными характеристиками, которые позволяют эффективнее решать проблемы ресурсо- и энергосбережения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волоскова Е.В., Горбунов Ф.К., Полубояров В.А., Гурьянова Т.И., Селютин Г.Е., Гаврилов Ю.Ю., Гончаров А.И. Модифицирование пенополиуретана нанодисперсными керамическими частицами // Перспективные материалы. 2011. № 11. С. 396 – 401.
2. Хокинг М., Васагтасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия. – М.: Мир, 2000. – 516 с.
3. Черепанов К.А. Получение и использование вяжущего нового поколения – керамической суспензии кремнеземистого состава // Изв. вуз. Черная металлургия. 2006. № 10. С. 62 – 64
4. Патент № 2144552 РФ. Способ получения силикатного клея-связки / К.А. Черепанов, В.А. Полубояров, Е.П. Ушакова, А.И. Черепанов, В.К. Черепанова // Заявл. 08.04.1998; опубл. 20.01.2000.

© 2015 г. К.А. Черепанов, С.Г. Коротков  
Поступила 18 мая 2015 г.

*Н.А. Ефимов, С.С. Ерофеев, В.Е. Воронин*

Сибирский государственный индустриальный университет

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА КОМПЛЕКСА «СТАН 5000 – ТРУБОЭЛЕКТРОСВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» В НОВОКУЗНЕЦКЕ**

Основной причиной перманентного сокращения в течение последних двадцати лет объемов производства продукции черной металлургии города Новокузнецка – металлургического центра Сибири – является недостаточный потребительский спрос на эту продукцию в радиусе, обеспечивающем ее конкурентоспособность за счет приемлемой величины транспортных расходов [1]. Это, в свою очередь, связано с отсутствием сколько-нибудь крупных проектов из реализованных за прошедший период в Сибири, а также со снижением объемов производства в металлопотребляющих отраслях. Длительное нахождение в таких условиях не способствовало привлечению инвестиций в развитие производства, повышение его технического уровня, расширение ассортимента выпускаемой продукции, а оборачивалось лишь ростом затрат на производство, что еще более усугубляло положение металлургической отрасли. Однако сокращение производственных мощностей металлургии города противоречит задаче развития экономики Сибири [2]. Актуальность реализации этой задачи в настоящее время существенно возрастает в связи с последними геополитическими событиями.

На Юге Кузбасса уже давно сформировался металлургический кластер, ядром которого является город Новокузнецк и, в частности, Западно-Сибирский металлургический комбинат – единственное на всей территории Сибири и Дальнего Востока предприятие с полным металлургическим циклом. Вряд ли где-либо можно найти более благоприятные условия для создания и функционирования подобного кластера. Однако его необходимо развивать. И направление этого развития должно быть связано с увеличением доли продукции высоких металлургических переделов, пользующейся повышенным спросом, прежде всего, в регионе.

Для Сибири, с большим масштабом ее территории и сравнительно низкой плотностью населения, наиболее целесообразной является именно кластерная форма организации экономики. Она позволяет существенно снизить

зависимость ее от транспортного фактора, обеспечить большую сбалансированность (согласованность) взаимосвязанных производств, расширить представительство различных отраслей в территориально-производственных комплексах, т.е. способствует диверсификации экономики региона, получению наиболее ощутимого эффекта от реализации здесь логистического подхода [3, 4].

Одним из эффективных вариантов развития Новокузнецкого металлургического кластера могло бы стать строительство на промышленной площадке ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» комплекса «Стан 5000 – трубоэлектросварочное производство» (См. отчет о НИР СибГИУ, 2014 г., № ГР 11412570073).

Целесообразность строительства такого комплекса обусловлена задачами развития Сибири и Дальнего Востока, в том числе касающимися строительства каналов транспортировки нефти и газа отсюда в Среднюю Азию и бурно растущие экономики Азиатско-Тихоокеанского региона, прежде всего – Китая [5].

Для прокладки магистральных трубопроводов необходимы значительные объемы труб большого диаметра (ТБД, 1020 – 1420 мм). Неблагоприятные, а подчас и экстремальные условия Сибири и Дальнего Востока требуют особых характеристик используемых труб (толстостенные сварные прямошовные трубы с многослойными покрытиями).

В настоящее время ТБД производят пять отечественных предприятий – это Выксунский и Волжский металлургические, Челябинский трубопрокатный, Ижорский и Череповецкий трубные заводы, совокупные мощности которых составляют 3,1 млн. т ТБД в год. Исследование показало, что долгосрочные планы развития месторождений Сибири и Дальнего Востока потребуют создания крупного листопрокатного и трубоэлектросварочного производства ближе к месту непосредственного потребления ТБД.

Наиболее перспективной для этого территорией является Кузбасский регион, что под-

тверждается проведенным нами исследованием с использованием метода центра гравитации. Этот метод позволяет при наличии информации о местоположении потенциальных потребителей продукции определить район оптимального расположения ее производства.

При использовании метода в качестве координат местоположения потребителей были выбраны координаты ряда ближайших к железнодорожным артериям географических точек предполагаемых трасс прохождения новых сибирских и среднеазиатских трубопроводов (проекты ОАО «Газпром» и ОАО «Транснефть»), таких как «Алтай» (через плато Укок), «Якутия – Хабаровск – Владивосток», «Иркутская область – Якутия», «Ачинск – Кемерово – Сокур», «Запад – Север – Центр» (Казахстан) и других [6, 7]. Наиболее подходящей площадкой для строительства нового трубоэлектросварочного производства в Кузбассе является промышленная площадка ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Для производства труб необходимого диаметра требуется листовая прокат шириной до 4800 мм и толщиной до 40 мм из марок стали:

- углеродистой спокойной и полуспокойной, Ст3, Ст4 (категория 1-3);
- спокойной и полуспокойной 10, 15 и 20 по ГОСТ 1050;
- нелегированной конструкционной S185, S195T, P195TR1, S235TR1, P235TR, S235JRH по EN 10025, EN 10027-1,2.

Такой вид листового проката производится только на стане 5000. В России таких станов три: реконструированный Ижорский (введен в эксплуатацию в 1985 г.) производственной мощностью 1 млн. т, Магнитогорский (2009 г.) мощностью 1,5 млн. т и Выксунский (2011 г.) мощностью 1,2 млн. т.

Предлагаемый проект предусматривает строительство листопркатного стана 5000,

аналогичного Магнитогорскому. Проектная мощность стана составит 1,5 млн. т, планируемый объем производства – 1,35 млн. т в год. Стан может производить лист как для нефтегазовой отрасли, так и для нужд судо- и мостостроения (продольная резка листа позволяет разделить широкий лист на несколько частей).

В качестве исходной заготовки для стана 5000 используются литые слябы как порезанные на заказные длины, так и в виде полос толщиной 190, 250, 300 мм, шириной 1400 – 2700 мм, длиной 2500 – 4800 мм [8].

Производственные мощности кислородно-конвертерных цехов ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» позволяют без изменения соответствующей структуры сортамента выпускаемой продукции передельных прокатных станов обеспечить необходимым металлом проектируемый комплекс. Однако для производства слябов необходимых размеров должна быть осуществлена реконструкция существующей на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» слябовой МНЛЗ.

При определении структуры сортамента стана 5000 рассматривались три возможных варианта (в зависимости от изменения ситуации на рынке):

- 1) оптимистический – производство листа для нефтегазовой отрасли (для собственного трубоэлектросварочного производства и, возможно, на сторону);
- 2) наиболее вероятный – производство листа как для нефтегазовой отрасли (в большей степени), так и для судо- и мостостроения;
- 3) пессимистический – характеризующийся сокращением потребности в листе для нефтегазовой отрасли в связи со снижением спроса на рынке ТБД.

Проектируемая структура сортамента продукции стана 5000 для оптимистического сценария представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

### Проектируемая структура сортамента продукции стана 5000

Доля	Назначение	Ширина, мм	Толщина, мм	Марка стали	Производство листа, тыс. т в год
0,35	Для труб, диам. 1067 мм	3400 – 4000	14 – 25	Ст3сп, Ст20, 09Г2С	472,5
0,65	Для труб, диам. 1420 мм	4400 – 4800	32 – 40		877,5
Итого	–	–	–	–	1350,0

Производственная структура комплекса толстолистового стана 5000 включает: участок печей (две нагревательные печи производственной мощностью 900 тыс. т каждая), прокатную линию, устройство гидросбива окалины, чистовую четырехвалковую клеть, вертикальную клеть для бокового обжата, машину предварительной правки, систему струйного охлаждения, систему охлаждения с U-образными трубками, машину горячей правки листа, участок холодильников, холодильник для пакетов листов, холодильник с шагающими балками, инспекционный стол, линию резки, концевые ножницы, сдвоенные кромкообрезные ножницы, ножницы продольной резки, ножницы поперечной резки, транспортный стол, транспортно-шлифовальный стол, машину холодной правки листов, погрузочные столы [8].

Пространственное расположение оборудования цеха должно обеспечивать возможность прокатки листа длиной 25 м, что создаст дополнительное конкурентное преимущество.

Сметная стоимость строительства комплекса толстолистового стана 5000 составит примерно 46 млрд. руб (в ценах на начало 2014 г.). Предполагаемый срок строительства объекта в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» – три года.

При обосновании структуры сортамента трубоэлектросварочного производства также рассматривались три возможных варианта:

1) оптимистический, предполагающий рост потребности нефтегазовой отрасли в ТБД после 2017 г. и позволяющий полностью сконцентрироваться на производстве труб диам. 1067 и 1440 мм;

2) наиболее вероятный – структура сортамента продукции, которая может быть полностью реализована при сохранении нынешних тенденций на рынке;

3) пессимистический – вариант структуры, при котором спрос на ТБД будет падать (предполагает акцент на выпуске труб диам. 780 и 820 мм, используемых, в том числе, при прокладке и ремонте тепловых сетей и систем водоснабжения).

Проектируемая структура сортамента продукции трубоэлектросварочного производства для наиболее вероятного сценария представлена в табл. 2.

Для производства заданного сортамента был выбран трубоэлектросварочный агрегат (стан) ТЭСА 1420, способный производить одношовные трубы диам. от 508 до 1420 мм с достаточной толщиной стенки. Так как производственная мощность стана 1420 составляет 600 тыс. т, проектом предусматривается установка двух таких станом.

Помимо собственно стана, в чью комплектацию входят линии сварки труб, контроля, осмотра, ремонта и плазменной резки, линия экспандирования и гидроиспытания и линия вторичного контроля труб, требуются также линии нанесения покрытия труб: внешнего и внутреннего. На настоящий момент существуют установки для нанесения покрытий для труб внешним диаметром от 508 до 1420 мм, которые проектировались под стан ТЭСА 1420. Их производственные мощности составляют соответственно 650 и 400 тыс. т [9].

Т а б л и ц а 2

Структура сортамента трубоэлектросварочного производства

Доля	Внешний диаметр труб, мм	Толщина стенки, мм	Марка стали	Покрытие	Расходный коэффициент	Объем производства, тыс. т	Потребность в листе, тыс. т
0,02	530	10 – 20	СтЗсп	Наружное трехслойное толщиной 2,2 – 3,0 мм класса 1-2-3; внутреннее гладкостное толщиной 0,06 – 0,15 мм	1,03	21,6	22,248
0,15	720					162	166,86
0,15	820					162	166,86
0,01	1020	14 – 25	09Г2С	Наружное трехслойное; внутреннее гладкостное толщиной 0,06 – 0,15 мм	1,032	10,8	11,146
0,25	1067					270	278,64
0,02	1220					21,6	22,291
0,40	1420	32 – 40	20		1,036	432	447,552
Итого	–	–	–	–	1,03296	1080	1115,597

В результате предлагается следующая производственная структура собственно трубоэлектросварочного производства:

1) два стана ТЭСА 1420 суммарной производственной мощностью 1200 тыс. т (планируемый объем производства 1080 тыс. т в год);

2) две установки по нанесению наружного антикоррозионного покрытия труб (УАПТ) суммарной производственной мощностью 1300 тыс. т;

3) три установки по нанесению внутреннего гладкостного и антикоррозионного покрытия труб (УВПТ) суммарной производственной мощностью 1200 тыс. т.

Предполагается, что этап строительства цеха займет пять лет. Выпуск товарной продукции планируется начать в третьем расчетном году. Объем инвестиций, необходимых для создания трубоэлектросварочного производства, по предварительным оценкам составит приблизительно 33,5 млрд. руб (в ценах 2014 г.).

Общий объем капиталовложений в строительство комплекса «Стан 5000 – трубоэлектросварочное производство» составит около 80 млрд. руб. С учетом дисконтирования денежных потоков при ставке 20 % вложения окупятся за 10 лет (с момента начала строительства).

Высокая стратегическая значимость и вместе с тем существенная стоимость этого проекта обуславливают необходимость заинтересованного участия в его реализации органов государственной власти и местного самоуправления.

**Выводы.** Показана целесообразность строительства в г. Новокузнецке металлургического кластера. Приведены возможные варианты структуры сортамента и производственной структуры производства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е ф и м о в Н.А. Проблемы развития черной металлургии Сибири // Организационно-экономические проблемы повышения эффективности металлургического производства: Сб. статей IV Международной научно-практической конф. (27 – 28 ноября 2013 г.) / Под общ. ред. Н.А. Ефимова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2013. С. 11 – 14.
2. Е ф и м о в Н.А. Стратегические альтернативы развития черной металлургии России

// Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 6. С. 37, 38.

3. Е ф и м о в Н.А., И в а н о в а Е.В. О принципах организации процесса формирования и функционирования экономических кластеров // Экономические науки. 2013. № 10. С. 53 – 57.
4. Е ф и м о в Н.А., И в а н о в а Е.В. Кластеризация экономики региона как организационная форма и фактор ускорения его социально-экономического развития // Организация и управление производством в условиях инновационной экономики; Юбилейный сб. научных трудов. – Воронеж: изд. Воронежского государственного технического университета, 2010. С. 53 – 59.
5. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Энергосовет: портал по энергосбережению [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.energosoвет.ru/npb1191p15.html>. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 14.12.2014).
6. Официальный сайт ОАО «Газпром» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gasprom.ru> (Дата обращения: 14.12.2014).
7. Официальный сайт ОАО «Транснефть» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.transneft.ru>. (Дата обращения: 14.12.2014).
8. А в д е е в В.А., Д р у я н В.М., К у д р и н Б.И. Основы проектирования металлургических заводов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://engineeringssystem.ru/proektirovanie-metallurgicheskikh-zavodov/tolstolistovoy-stan-5000.php> (Дата обращения: 21.01.2015).
9. Объединенная металлургическая компания [Электронный ресурс] –Режим доступа: [http://89.111.189.90/vmz/prod\\_new/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8/Pipe-Rolling\\_RUS\\_2013\\_%D0%B0%D0%B2%D0%B3%D1%83%D1%81%D1%82\\_1.pdf](http://89.111.189.90/vmz/prod_new/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8/Pipe-Rolling_RUS_2013_%D0%B0%D0%B2%D0%B3%D1%83%D1%81%D1%82_1.pdf) – Загл. с экрана. (Дата обращения: 21.01.2015).

© 2015 г. Н.А. Ефимов, С.С. Ерофеев,  
В.Е. Воронин  
Поступила 4 марта 2015 г.

УДК 622.8 (083.74)

*В.В. Обрядин, В.В. Мячин, И.С. Семина*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ОЦЕНКА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТЕЙ, РИСКОВ И ПРОЦЕДУРА УПРАВЛЕНИЯ ИМИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

Российской экономике необходимо выработать новые принципы управления, которые способствуют ее модернизации. Одной из составляющих управления экономикой является контрольно-надзорная деятельность. Существующая в настоящее время система управления экономикой не отвечает современным требованиям и является своего рода сдерживающим фактором роста экономики России. По информации агентства РИА Новости (25.12.2014) член Правительства России – министр по «открытому правительству» М.А. Абызов приводит данные, что издержки, связанные с неэффективно выстроенной контрольно-надзорной деятельностью, оцениваются примерно в 2 % ВВП. Это связано с дублированием некоторых контрольных полномочий. М.А. Абызов считает, что этих издержек можно избежать, если перейти от контроля соблюдения норм и правил к контролю рисков. По словам министра в России в 2015 г. в некоторых федеральных органах исполнительной власти (в том числе Роструд, Ростехнадзор, Рособрнадзор) в пилотном режиме будет опробована ориентированная модель по контролю рисков.

Согласно требованиям Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] по организации производственного контроля состояния промышленной безопасности при выполнении технологических процессов на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, работники этих предприятий обязаны осуществлять контроль соблюдения норм и правил [2]. Согласно новой концепции Правительства России работникам опасных производств необходимо изучить порядок контроля рисков и освоить методику управления ими, что приведет к минимизации реализации рисков возникновения негативных событий на этих предприятиях. В настоящей работе выработаны и предлагаются методические рекомендации по контролю и управлению рисками на предприятиях с опасным производством.

Настоящие методические рекомендации разработаны согласно требованию абз. 17 ст. 9 Федерального Закона «О промышленной безопасности производственных объектов» [1], п. 29 «Единых правил безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом» (ПБ 03-553-03) [2]. Эти рекомендации предлагаются для включения в качестве составной части в системы управления безопасностью на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты.

Цель настоящей работы – рассмотреть возможность обеспечения безопасных, комфортных условий труда для работников опасных производственных объектов.

Следует отметить, что риск (Р) (количественная характеристика опасности), определяемая частотой реализации опасностей:

$$P = \frac{n}{N},$$

где  $n$  – число случаев проявления опасностей;  
 $N$  – возможное число случаев проявления опасностей.

Коллективный риск – это риск проявления опасности для коллектива работников, профессиональной группы работников.

Приемлемый (допустимый) риск – минимальный риск, достижимый техническими, технологическими и экономическими возможностями. Приемлемый риск определяется с учетом всех сфер (технической, технологической, социальной) и зависит от оптимизации затрат в эти области.

Постановлением Правительства РФ от 31.08.99 № 975 «Об утверждении правил отнесения отраслей (подотраслей) экономики к классу профессионального риска (в редакции Постановления Правительства РФ от 27.05.00 № 415, Постановления Правительства РФ от 01.12.05 № 713, Постановления Правительства РФ от 17.12.10 № 1045 и Постановления Правительства РФ от 31.12.10 № 1231) [4], уста-

новлены 14 классов профессионального риска. Наиболее опасными являются предприятия, эксплуатирующие опасные производственные объекты [1].

Немотивированный (необоснованный) риск – это риск, превышающий приемлемый, возникает при нежелании работников соблюдать требования безопасности, использовать средства индивидуальной защиты и т.д.

Техника безопасности – это система организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие вредных и опасных производственных факторов на работников.

Идентификация опасностей – выявление опасных и вредных факторов, установление причин их возникновения, пространственных и временных характеристик опасностей, вероятности, величины и последствий их проявления.

Идентификация риска – процесс обнаружения, составление перечня и описание элементов риска.

Оценка риска – анализ риска, возможности его воздействия на безопасность работ, на жизнь и здоровье работников.

Управление риском – принятие корректирующих мер и действий, направленных на предотвращение риска или на его снижение до приемлемого уровня.

Основная причина возникновения профессиональных рисков – это нахождение человека в зоне воздействия на него опасных и вредных производственных факторов. Эти условия неизбежны, так как существующие современные технологии производства на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, не позволяют вывести человека из указанных зон. По природе возникновения профессиональные риски можно представить в виде матрицы:

– подземные горные работы: замкнутое пространство, возможные обрушения горных пород, взрывы метано-воздушной смеси, угольной пыли, возникновение эндогенных и экзогенных пожаров, запыленность, вибрация, шум, вредное влияние взрывных работ, горные удары, прорывы воды и пульпы в подземные выработки, падение в вертикальные и наклонные выработки, воздействие машин и механизмов, поражение электротоком;

– открытые горные работы: возможные обрушения пород уступов, оползни, запыленность, шум, вибрация, воздействие машин и механизмов, вредное влияние взрывных работ, поражение электротоком;

– работы по производству угольного и железорудного концентратов: запыленность, шум, вибрация, воздействие машин и механизмов, поражение электротоком [3].

Кроме профессиональных рисков следует отметить о существовании природных рисков, к ним относятся землетрясения, наводнения, атмосферное электричество, ураганы и смерчи, аномально высокие и низкие температуры, аномальные выпадения осадков.

Одной из главных причин возникновения рисков является человеческий фактор: неадекватные, опасные, во многом непредсказуемые действия персонала, а именно, нарушения работниками установленных правил безопасности при различных производственных операциях.

Методология идентификации опасностей и определения величины рисков основана на принципах:

- выявление производственных опасностей на рабочих местах;
- определение вероятности их возникновения;
- определение последствий их проявлений;
- определение категории (степени) риска.

Методы идентификации опасностей и определения величины рисков опасных вредных производственных факторов (ОВПФ) можно разложить на несколько этапов.

Первый этап – идентификация опасностей, присутствующих на рабочих местах, то есть осознание того, что опасность существует.

По итогам первого этапа составляется перечень контролируемых опасных и вредных факторов производственной среды и трудового процесса на рабочих местах, на основании которого с учетом их качественных и количественных характеристик составляется реестр профессиональных рисков по каждому рабочему месту. Это обеспечивает учет ОВПФ, травмоопасных факторов на рабочих местах, приведших их к квалификации как опасных и вредных. Учитываются опасности, возникающие в процессе производственной деятельности самого предприятия, деятельности смежных предприятий, посетителей.

Второй этап – определение категории опасности (риска) на основе сравнений характеристик фактических опасностей (рисков) с опасностями (рисками), установленными классификаторами либо исследованиями с применением специальных методик.

Третий этап – определение вероятности опасности и времени ее действия на основе анализа технологической документации, статистических наблюдений, специальная оценка условий труда, случаев травм и микротравм

(что позволит прогнозировать травмы с более тяжелыми последствиями по методу «треугольника» Хайнриха). С использованием этих данных возможна разработка мероприятий по предупреждению травм и микротравм, также эти данные используются при определении опасных зон (зон воздействия на человека опасных и вредных производственных факторов).

Опасные зоны можно подразделить на два вида:

- зоны постоянно действующих опасных производственных факторов (ОПФ), наличие которых связано с нормальным ходом процесса и заранее очевидны (зона действия ковша погрузочной машины, габариты подвижного состава, зона разлета осколков при взрывных работах (ВР) и т.д.);

- зоны потенциально ОПФ, которые возникают случайно, при нарушении нормального хода процесса (зона воздействия каната и конвейерной ленты при их обрыве, подвижного состава при сходе с рельсового пути, самопроизвольного скатывания и т.д.).

От зоны ОПФ зависят характер и объем корректирующих мероприятий.

Четвертый этап – определение категории тяжести последствий на основе предполагаемого количества пострадавших в результате возможных инцидента или аварии, от воздействия постоянно или временно действующих опасных производственных вредных факторов (ОПВФ), какой ущерб может быть нанесен или наносится людям или окружающей природной среде.

Пятый этап – определение степени риска на основе установленных категорий опасностей, вероятности их возникновения и продолжительности их воздействия, требований нормативно-правовых и локальных актов, инструкций по охране труда, методических рекомендаций.

Шестой этап – разработка принципов, методов, мер и средств защиты, противодействующих ОПВФ, снижающих, локализирующих или исключаяющих реализацию рисков. Меры и средства защиты также разнообразны (как и сами ОПВФ) и могут носить технический, технологический, организационный или психофизиологический характер. Наиболее эффективны технико-технологические меры и средства, но они наиболее затратные.

Для оптимизации затрат применяется комплекс мер, включающий в себя различные методы защиты, а именно:

- имеющие временной характер – сокращение пребывания персонала в опасной зоне;
- имеющие пространственный характер – удаление персонала за пределы опасной зоны;

- имеющие психофизиологический характер – подготовка и адаптация персонала к работе при наличии ОПВФ;

- применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Седьмой этап – оценка величины остаточного риска после принятия предупредительных мер, информация персонала о мерах безопасности и возможных последствиях при работе в условиях наличия остаточного риска.

Представленная последовательность методов идентификации опасностей и определения величины риска положена в основу системы управления рисками. Результативное управление рисками – сознательные систематические действия, направленные на идентификацию рисков, анализ причин их возникновения, оценку величины риска и принятие противодействующих мер.

Управление рисками предусматривает ответственность каждого работника в той части, которая входит в круг его обязанностей, требует соответствующей компетенции персонала, культуры производства и поведения исполнителей на рабочих местах. Такие требования предусматриваются локальными нормативными актами в соответствии с условиями предприятия.

В основу управления рисками положены два направления:

- управление рисками при выполнении особо опасных работ – направлено на минимизацию вероятности возникновения инцидентов, приводящих к травмам с тяжелым, а иногда и со смертельным исходом;

- управление рисками в повседневной профессиональной деятельности в условиях воздействия ОПВФ, превышающих допустимые значения.

Следует отметить, что методология оценки рисков основана на понятии их свойств: вероятности; тяжести последствий; степени (уровня); допустимости; подверженности.

Вероятность проявления рисков следует рассматривать в виде матрицы:

- очень высокая;
- высокая;
- средняя;
- низкая;
- очень низкая.

Оценка тяжести последствий рассматривается по аналогичной матрице:

- катастрофические;
- тяжелые;
- незначительные;
- минимальные.

Качественная и количественная оценки рисков возможны при наличии критериев, определяющих границы понятий, формирующих процессы анализа и оценки профессиональных рисков. Для предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты, приемлемы два подхода и два способа количественной оценки составляющих, входящих в формулу риска:

– двухкомпонентная система составляющих, влияющих на уровень риска: риск (Р) рассматривается в виде функции  $P = U \cdot B$  (где  $U$  – ущерб (тяжесть);  $B$  – вероятность);

– трехкомпонентная система составляющих: риск (Р) рассматривается как функция трех аргументов  $P = U + Ч + B$  (где  $U$  – тяжесть (ущерб);  $Ч$  – частота подверженности;  $B$  – вероятность).

В основу методики количественной оценки составляющих риска положен балльный (ранговый) принцип.

Для этого каждая составляющая риска (тяжесть, вероятность реализации опасности или частота) оцениваются соответствующим числом баллов или рангом, соответствующим месту в таблице рангов. Целесообразно применять четырехбалльную ранговую систему, располагая категории риска в порядке возрастания их значимости. Для двухкомпонентной системы оценка риска определяется результатом произведения оценок составляющих.

Проведенные исследования показывают возможность возникновения четырех степеней рисков:

- НР – низкий риск (от 1 до 4);
- СР – средний риск (от 4 до 8);
- ВР – высокий риск (от 9 до 12);
- ОВР – очень высокий риск (от 12 до 16).

Для трехкомпонентной системы оценка риска определяется по методу решения матрицы:

$$\begin{aligned} &1У + 1Ч + 1В; \\ &2У + 2Ч + 2В; \\ &3У + 3Ч + 3В; \\ &4У + 4Ч + 4В. \end{aligned}$$

Складывая коэффициенты при аргументах, получаем значение функции, определяющей величину степеней рисков:

- НР – низкий риск (от 2 до 3);
- СР – средний риск (от 4 до 6);
- ВР – высокий риск (от 6 до 9);
- ОВР – очень высокий риск (от 8 до 12).

Таким образом, в основе методики управления рисками лежит система разработки карт рисков при выполнении различных производственных, технологических, профилактических и ремонтных процессов, а также оценка их критериев по приведенной выше методике.

**Выводы.** На основании карт рисков следует разрабатывать корректирующие мероприятия, направленные на снижение показателей рисков до минимального или приемлемого уровня. Эффективность корректирующих мероприятий определяется методом сравнения критериев рисков до и после проведения корректирующих мероприятий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»: федеральный закон: принят Гос. думой 20 июня 1997 г.: № 116-ФЗ.
2. «Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом»: ПБ 03-553-03: утв. постановлением Госгортехнадзора России 13.05.03 № 30.
3. Горноспасательное дело: учебное пособие / В.В. Мячин, Н.О. Коледина, Т.В. Киселева; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2012. – 416 с.

© 2015 г. В.В. Обрядин, В.В. Мячин,  
И.С. Семин  
Поступила 5 мая 2015 г.

*С.А. Лежава*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ НОКСОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАНИЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

В настоящее время на фоне обостряющегося международного процесса вопросы безопасности, особенно безопасности в глобальном, планетарном масштабе, приобретают все большее и большее значение.

«Развитие мира идет по пути глобализации всех сфер международной жизни, которая отличается высоким динамизмом и взаимозависимостью событий. Между государствами обострились противоречия, связанные с неравномерностью развития в результате глобализационных процессов, углублением разрыва между уровнями благосостояния стран. Ценности и модели развития стали предметом глобальной конкуренции. Возросла уязвимость всех членов международного сообщества перед лицом новых вызовов и угроз». Такова оценка состояния и развития мира и нашей страны в нем, данная в «Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 г.» [1].

Учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» представляет собой относительно новый для системы высшего образования курс. Это во многом объясняет методологические сложности в организации учебного процесса при преподавании и изучении БЖД. Впервые название «Безопасность жизнедеятельности» официально появилось в 1990 г. Предмет с таким названием был введен в учебные программы вузов Приказом № 473 Госкомвуза СССР, ни в коей мере не являясь простой компиляцией читаемых ранее курсов «Охрана окружающей среды», «Охрана труда», «Гражданская оборона».

Термин «ноксология» также является достаточно молодым; в научную, а затем и учебную терминологию он стал внедряться лишь в последнее десятилетие. Российскими авторами эта дефиниция трактуется по-разному, что вполне объяснимо индивидуальными научно-методическими подходами.

Сам термин образован от двух слов: *noxiosus* (греч.) – вредный, вредоносный, нездоровый, пагубный, губительный, и *logos* (греч.) – термин древнегреческой философии, означающий од-

новременно «слово», «речь», «смысл», «понятие», «основание» [2].

Один из основоположников БЖД профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана Сергей Викторович Белов, активно пропагандирующий эту дисциплину, считает, что «Ноксология» включает в себя полностью дисциплину «Безопасность жизнедеятельности» и всю сферу природоохранной деятельности [3].

С.В. Белов под термином «Ноксология» понимает науку об опасностях материального мира Вселенной. При этом предметом изучения ноксологии выступает ноксосфера – сфера опасностей. Общей целью изучения ноксологии по Белову является углубление и развитие знаний о системе обеспечения безопасности в условиях негативных факторов техносферы, а также формирование навыков практического использования знаний в области обеспечения безопасности при осуществлении организационно-управленческой и эксплуатационной профессиональной деятельности [3].

Другой основатель БЖД, коллега и соавтор С.В. Белова – Олег Николаевич Русак, дает следующее определение: «Ноксосфера – пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности» [4].

Одной из целей преподавания БЖД (едва ли не центральной) является формирование у студентов ноксологической культуры личности, которая представляет собой систему норм, представлений, установок индивида, характеризующих его отношение ко всему комплексу опасностей, рисков, его взгляд на значимость личной, общественной и национальной безопасности.

Таким образом, ноксологическое образование – это процесс воспитания, обучения и саморазвития личности, направленный на формирование норм поведения человека, его мировоззрения и приобретение компетенций по обеспечению безопасности жизнедеятельности отдельной личности и общества в целом.

Приобретаемые в этом процессе ноксологические компетенции можно определить как

знания, навыки в области идентификации опасностей, снижения рисков и обеспечения безопасности, а также готовность и способность их применения в повседневной жизни и профессиональной деятельности. В данном контексте ноксологическая компетентность представляет собой интегральную характеристику личности, определяемую его ноксологической культурой, ноксологическим мировоззрением и уровнем владения совокупностью ноксологических компетенций.

Ноксологическое образование имеет ярко выраженную антропоцентрическую направленность, так как опасность существует только при наличии объекта, которому может быть нанесен вред и который требует защиты. Таким объектом является человек, жизнь и здоровье которого являются приоритетом в ноксологическом образовании [5].

В настоящее время общество переживает сложные процессы в мировом и, как следствие, государственном и региональном масштабах. Нарастают такие явления, как глобализация, экономический кризис, лавинообразное развитие информационных технологий. На этом фоне идет формирование в рамках постиндустриальной эпохи общества глобального риска; нарастает термодинамическая фаза экологического кризиса с ее глобальным исчерпанием надежности экосистем, ростом климатических изменений, связанных с антропогенным воздействием. В этих непростых условиях своевременной является модернизация образования, заключающаяся в изменении его содержания с усилением эколого-ноксологической направленности, изменением приоритетов в воспитании и развитии, в частности, в направлении формирования природосообразного поведения, ноксологической и экологической культуры, характера мышления, при котором вопросы безопасности и сохранения природной среды будут иметь безусловный приоритет [6].

Новая редакция закона «Об образовании» (ст.10) [7] устанавливает четыре уровня общего образования: дошкольное, начальное общее, основное общее, среднее общее, и четыре уровня профессионального образования: среднее профессиональное, высшее образование – бакалавриат, высшее образование – специалитет, магистратура, высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации [7]. Это налагает требования непрерывности ноксологического образования на всех его уровнях, начиная с дошкольного. А если говорить о формировании ноксологической культуры, то и в период жизни ребенка, предшествующий дошкольному, в семье окружающие взрослые

должны участвовать в формировании зачатков ноксологического поведения и культуры. Обращать внимание на необходимость соблюдения безопасных приемов в быту, в транспорте, в социальной среде родителям следует постоянно. У ребенка с первых дней жизни нужно формировать приоритетное отношение к обеспечению безопасности и снижению рисков на личном примере членов семьи, в процессе развития речевого аппарата, в игровом процессе, в самых простых повседневных делах. Даже при чтении детской литературы не лишним будет обратить внимание ребенка на вопросы безопасности литературных персонажей.

К сожалению, в современном российском обществе риск является почти нормой жизни, опасность стала подчас предметом гордости, она буквально пронизывает все сферы жизнедеятельности. Это связано не только с научно-техническими или педагогическими недоработками, а, в первую очередь, с духовными и нравственными качествами людей. Сложившаяся ситуация актуализирует задачу формирования ноксологической культуры с наиболее широким привлечением ноксологического образования.

На уровне профессионального образования при подготовке специалистов всех направлений обязательным является курс «Безопасность жизнедеятельности». Действующие федеральные государственные образовательные стандарты всех направлений первого уровня высшего профессионального образования бакалавриата относят «БЖД» к разделу «Профессиональный цикл. Базовая часть». Она объединяет междисциплинарные проблемы тематики безопасного взаимодействия человека со средой обитания (производственной, бытовой, городской, природной) и вопросы защиты от негативных факторов во всех сферах человеческой деятельности, включая защиту от чрезвычайных ситуаций.

Примерная учебная программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» рекомендована Министерством образования и науки РФ в соответствии требованиями ФГОС ВПО, утверждена приказом Министра образования и науки Российской Федерации от 20 мая 2010 г. № 544.

Необходимо отметить, что несмотря на неоспоримую важность проблем безопасности общая трудоемкость дисциплины «БЖД» постоянно снижается. Значительно уменьшены часы на аудиторные занятия, сокращаются, а для некоторых специальностей и полностью исключаются практические и лабораторные работы. Еще недавно вопросы безопасности на

производстве выделялись в отдельную дисциплину при обучении в ВУЗе – «Безопасность труда». А проблемы безопасности в производственной сфере рассматривались в курсе «Безопасность при чрезвычайных ситуациях». Сегодня оба курса объединены, при этом автоматически произошло резкое сокращение объема лекций, практических и лабораторных занятий. За последние 5 лет в процессе проведения реформы высшего образования объем часов по БЖД в Сибирском государственном индустриальном университете, например, уменьшился в 1,5, а по некоторым направлениям в 2 раза! Эти тенденции явно не повышают результативности формирования культуры безопасности и ноксологического образования. Безусловно, крайне сложно проанализировать, а тем более математически описать эффективность формирования ноксологической культуры на всех уровнях образования. Но, вероятно, однозначно можно констатировать, что уменьшение учебных занятий по БЖД не может привести к повышению уровня безопасности ни в быту, ни на производстве.

Процесс формирования ноксологической культуры в рамках системы высшего образования при реформировании высшего образования осложняется также общей психологической атмосферой в стране, состоянием общественного и правового порядка, общественной дисциплины, правосознания и правовой культурой населения.

**Выводы.** Принципы, методики и нормы, формируемые в высшей школе для создания ноксологической культуры, должны способствовать постоянному повышению уровня воспитанности и общей культуры в безопасности жизнедеятельности и в конечном итоге должны привести к снижению отрицательного влияния антропогенного фактора на безопас-

ность жизнедеятельности личности, общества, государства.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года». Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537. «Российская газета». Федеральный выпуск № 4912. 19 мая 2009 г.
2. <http://vslovar.ru/slovo/filosofskii-slovar/> (Дата обращения: 01.06.2015).
3. Ноксология : учебник для бакалавров Серия : Бакалавр. Базовый курс. / С.В. Белов, Е.Н. Симакова; под общ. ред. С.В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: изд. Юрайт, 2013. – 431 с.
4. Е ф р е м о в С.В., К о в ш о в С.В., З и н ч е н к о А.В., Ц а п л и н В.В. Ноксология. Учеб. пособие; под ред. С.В. Ефремова. – СПб.: изд. политехн. ун-та, 2012. – 250 с.
5. А б р а м о в а С.В., Б о я р о в Е.Н. Методологические основы подготовки специалиста образования в области безопасности жизнедеятельности // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.
6. Р я б ы ш е н к о в А.С. Современные исследования социальных проблем // Электронный научный журнал. 2012. № 9 (17).
7. <http://www.consultant.ru> (Дата обращения: 01.06.2015).
8. Д е в и с и л о в В.А. Об основаниях ноксологического образования // Alma Mater / Вестник высшей школы. 2010. № 11. С. 25 – 29.

© 2015 г. С.А. Лежава  
Поступила 15 июня 2015 г.

*Г.С. Щербина*

Сибирский государственный индустриальный университет

### НОВЫЙ АНГЛО-РУССКИЙ СЛОВАРЬ ГОРНЯКАМ

Тесное международное сотрудничество, динамическое развитие бизнеса стирают границы государств, способствуют естественному стремлению специалистов горного профиля из разных стран обмениваться информацией, участвовать на равных в совместных проектах, взаимно обогащаясь в профессиональном и научном плане.

Новые цели и формы общения между российскими и иностранными специалистами, возникшие в последние годы в силу стремительного вхождения России в мировое сообщество, повысили интерес у российских горняков к «живому» английскому языку как к средству общения, так и к средству обмена и обогащения знаниями посредством чтения научно-технической литературы по специальности. Кроме того, современная английская терминология по горному делу претерпела определенные изменения. Сегодня горный инженер без знания иностранного языка не будет достаточно конкурентоспособным в современных условиях рыночной экономики.

На национальном горнопромышленном форуме, проходившем в Москве 27 ноября 2014 г., почетный председатель Высшего горного совета, депутат Государственной думы С.М. Миронов подчеркнул, что система подготовки горных специалистов нуждается в глубоком реформировании, а острый недостаток менеджеров технических профессий негативно отражается на безопасности горнодобывающих производств.

В НИТУ «МИСиС» ведущие ученые и эксперты горнопромышленной отрасли обсудили перспективы развития горного образования в России, которые необходимы для возрождения престижа профессии специалиста горной отрасли: новые образовательные программы, эффективные методы передачи знаний старшего поколения молодым студентам, кадровые проблемы горнопромышленной отрасли. В результате длительного обсуждения удалось обозначить ряд основных проблем, решение которых поможет выпускникам горных специальностей стать в большинстве стран мира

востребованными высококвалифицированными специалистами.

Подводя итоги круглого стола, ректор НИТУ «МИСиС» Алевтина Черникова заявила, что студенты Горного института, как и все студенты университета будут изучать английский язык по совместной программе, разработанной преподавателями МИСиС и Кембриджским университетом.

По окончании обучения все студенты будут проходить внешнее тестирование, а лучшие получают международный сертификат *IELTS*. Это даст им возможность продолжить обучение на англоязычных магистерских программах в НИТУ «МИСиС», а также в других российских и зарубежных университетах.

В настоящее время горные специалисты и переводчики английской литературы горного профиля пользуются изданным в 1958 г. англо-русским горным словарем под редакцией профессора, доктора технических наук Л.И. Барона. Со времени выпуска этого словаря прошло достаточно много времени и за этот период как горное машиностроение, так и другие области горного дела претерпели значительные изменения.

В 2005 г. в издательстве «Электронные и Традиционные словари» вышел электронный англо-русский горный словарь объемом в 360 тыс. терминов. В этой редакции словаря больше внимания уделено геологоразведочной науке, практике, добыче и переработке драгоценных металлов и камней, обогащению минерального сырья. В словаре отражены также термины из смежных отраслей таких, как нефте- и газодобыча, прикладная химия, строительное дело, металлургия.

В 2010 г. в издательстве «Горная книга» вышло учебное пособие для вузов *English for Miners* – Профессионально-ориентированный курс английского языка – авторов Л.Л. Графовой и В.Т. Бабичева, а в 2015 г. вышло второе издание этого учебного пособия. В 2014 г. Графова Л.Л. выпустила второе издание англо-русского словаря по горному делу, содержащего около 6000 терминов, терминологиче-

ских сочетаний и сокращений по горному делу и смежным вопросам для ученых и специалистов, работающих в области горного дела, преподавателей, студентов и аспирантов высших учебных заведений, а также технических переводчиков.

Издательством «Электронные и Традиционные словари» в 2005 г., а в 2008 г. выпущено второе расширенное и исправленное электронное издание англо-русского и русско-английского горного словаря В.П. Манышева. В словаре отражены часто используемые в горной промышленности термины из смежных отраслей таких, как геология, нефте- и газодобыча, прикладная химия, строительное дело, обогащение руд и др. В качестве литературных источников для поиска и отбора терминологической базы были использованы: «Англо-русский горный словарь» под редакцией Л.И. Барона, «Горная энциклопедия» под редакцией Е.А. Козловского, «Англо-русский и русско-английский нефтегазопромысловый словарь» А.И. Булатова, «Русско-английский геологический словарь» под редакцией Ю.Г. Леонова, «Большой русско-английский политехнический словарь» под редакцией Б.В. Кузнецова, «Толковый горно-геологический словарь» под редакцией Ю.И. Анистратова, «Труды международных горных конгрессов, конференций и симпозиумов». Всего словарь содержит около 150000 тыс. терминов на английском и русском языках.

Однако все вышеуказанные издания словарей слабо отражают лексическую базу для студентов и аспирантов неязыковых вузов таких горных специализаций, как горные машины и оборудование, горная электромеханика, подземная разработка пластовых и рудных месторождений, открытые горные работы, обогащение полезных ископаемых, взрывное дело, для формирования у них умений и навыков читать и переводить оригинальные тексты, а также понимать, извлекать, обрабатывать и воспроизводить информацию из англоязычной специальной литературы.

В Институте горного дела и геосистем Сибирского государственного индустриального университета в 2014 г. вышел «Горный англо-русский словарь» (составитель к.т.н., доцент Г.С. Щербина), который охватывает такие направления горного дела, как подземная и

открытая разработка, горные машины и оборудование для этих работ, горная электромеханика, подготовка запасов ископаемых, системы разработки, горные выработки и их крепление, буровзрывные работы, шахтный транспорт, подъемные комплексы шахт, водоотлив, системы проветривания, энергоснабжение горных предприятий, технические средства автоматизации горных работ, маркшейдерское дело, охрана недр, обогащение, брикетирование, торфодобыча, техногенная безопасность. Словарь содержит более 30000 горных терминов и словосочетаний, часто употребляемых сокращений в английской и американской горно-технической литературе, а также краткие грамматические пояснения при переводе технических текстов.

В качестве литературных источников для поиска и отбора терминологической базы прежде всего был использован «Англо-русский горный словарь» под редакцией Л.И. Барона (1958 г.); «Англо-русский горнотехнический словарь» составителей Б.М. Косминского, С.Д. Матвеева, В.Д. Терпигоревой (1958 г.); словарь учебного пособия «English for Miners» Л.Л. Графовой и В.Т. Бабицева; «Современный англо-русский политехнический словарь», составленный В.В. Бутник в 2003 г.; «Англо-русский электротехнический словарь» составителей Л.Б. Гейлера и Н.И. Дозорова; термины горного оборудования, взятые из «Sandvik Mining Offering Guide 2012 – 2013», а также термины, собранные при чтении журналов «Engineering and Mining Journal», 2012, 2013; рекламные проспекты на английском языке иностранных фирм по производству горного оборудования, участвующих в международных выставках-ярмарках «Уголь России и Майнинг 2012, 2013, 2014».

**Выводы.** Разработан и издан «Новый англо-русский словарь горнякам», который призван облегчить труд переводчиков технической литературы горного профиля, помочь студентам горных специальностей читать, переводить и изучать современную горную литературу на английском языке.

© 2015 г. Г.С. Щербина  
Поступила 19 марта 2015 г.

## РЕФЕРАТЫ

---

УДК 622.232

Расчет сейсмобезопасных расстояний при массовых взрывах с учетом схем взрывания скважинных зарядов с применением неэлектрической системы инициирования / Машуков И.В., Чаплыгин В.В. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 4.

Приведен пример расчета безопасных расстояний по сейсмическому воздействию массовых взрывов на охраняемые объекты. С учетом схемы взрывания скважинных зарядов показаны причины завышения расчетной величины безопасных расстояний при использовании неэлектрической системы инициирования при «поскважинной» схеме взрывания. Табл. 2. Ил. 1. Библ. 8.

**Ключевые слова:** сейсмическое воздействие, охраняемый объект, массовый взрыв, безопасное расстояние, короткозамедленное взрывание, схема взрывания, схема монтажа взрывной сети, схема взрывания с «поскважинным» замедлением.

Calculation of seismic safe distances at mass explosions taking into account the schemes of deep-hole charge explosion with the usage of nonelectrical initiation system / Mashukov I.V., Chaplygin V.V. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 4.

The article gives the examples of calculation of safe distances on seismic load of mass explosions on the guarded objects. Taking into account the schemes of deep-hole charge explosion, the causes of overstating the value calculations of safe distances, when using nonelectrical initiation systems at «hole-by-hole» explosion scheme, have been shown. Table 2. Fig. 1. Ref. 8.

**Keywords:** seismic load, guarded object, mass explosion, safe distance, short-delay blasting, explosion scheme, installation scheme of explosive net, explosion scheme with «hole-by-hole» delay.

УДК 622.647

Практичная теория очистки конвейерных лент / Чаплыгин В.В., Николаев Е.Д. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 9.

Показана острая актуальность проблемы очистки лент. Изложены основы авторской теории очистки лент твердыми элементами. Приведены представительные результаты экспериментальных исследований процесса очистки ленты твердым элементом, а также итоговые результаты производственных испытаний партии опытных очистных устройств типа «Промтранс». Представлена конструкция нового очистного устройства типа «Промтранс» с элементами новизны по патенту РФ № 1654166. Отмечены преимущества наукоемкой конструкции нового очистителя в сравнении с известными аналогами. Поставлены научные и производственные задачи по освоению массового серийного выпуска очистителей нового типа в более эффективном гидрофобном испытании. Ил. 11. Библ. 10.

**Ключевые слова:** очистка гладких конвейерных лент от налипающих пород, теория очистки ленты твердым элементом, классификация средств очистки, экспериментальные исследования, очистные устройства типа «Промтранс», производственные испытания.

Practical theory of conveyor belt cleaning / Chaplygin V.V., Nikolaev E.D. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 9.

Sharp actuality of cleaning problems of the belts has been shown. The authors have also set the main basis of the theory of belt cleaning with solid elements. Representative results of experimental researches of the cleaning process of the belt with a solid element, as well as final results of the manufacturing testing of the part of pilot pollution control facilities of «Promtrans» type have been given. The design of a new pollution control facility of «Promtrans» type with the elements of novelty according to the patent РФ № 1654166 has been presented. The advantages of science intensive design of the new cleaner in comparison with the famous prototypes have been noted. Scientific and production goals on the development of mass production of cleaners of a new type in a more effective hydrophobic testing have been set. Fig. 11. Ref. 10.

**Keywords:** smooth conveyor belt cleaning from gummy formations, cleaning theory of the belt with solid elements, classification of cleaners, experimental researches, pollution control facilities of «Promtrans» type, manufacturing testing.

УДК 551.734:564.7(571.1)

Лохков-пражские мшанки западной части Алтае-Саянской складчатой области / Мезенцева О.П., Удодов Ю.В. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 18.

Лохковский комплекс мшанок западной части Алтае-Саянской складчатой области включает семь видов (*Lioclema netshlavense* Astrova, *L. subramosum* Ulrich et Bassler, *L. trematoporoides* Astrova, *Cyphotrypa variabile* Mesentseva, *Atactotoechus simplex* L. Nekhorosheva, *Petaloporella altaica* Mesentseva sp. nov., *Orthopora limata* Astrova) и не имеет ни одного общего вида с пржидольским комплексом этого региона. Результаты изучения мшанок указывают на лохковский возраст (средняя и верхняя части лохкова) «боровушкинских известняков». В пражских отложениях мшанки очень редки (*Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler, *Eridotrypa* sp., *Minussina* sp.). Раннеэмский комплекс (местная мшанковая зона *Kuzbassus admirandus* – *Eridotrypa neocallosa*) содержит 12 видов, среди которых отсутствуют виды как пражского, так и лохковского возраста. В то же время со сменяющим его среднеэмским комплексом (местная мшанковая зона *Eridotrypa beloviensis* – *Lioclema lucida*) насчитывается пять общих видов. Приводятся описания изученных видов. Табл. 1. Ил. 7. Библ. 16.

**Ключевые слова:** лохковский ярус, пражский ярус, Алтае-Саянская складчатая область, мшанки, боровушкинские известняки.

Lockhovian - Praghian pearlwort of the western part of Altae-Sayanskaya folded area / Mezentseva O.P., Udodov Yu.V. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 18.

Lockhovian complex of pearlwort of the western part of Altae-Sayanskaya folded area includes seven types (*Lioclema netshlavense* Astrova, *L. subramosum* Ulrich et Bassler, *L. trematoporoides* Astrova, *Cyphotrypa variabile* Mesentseva, *Atactotoechus simplex* L. Nekhorosheva, *Petaloporella altaica* Mesentseva sp. nov., *Orthopora limata* Astrova) and does not have any common type with Pridolian complex of this area. The study results of pearlwort points out at the Lockhovian age (middle and upper parts of Lockhovian) «borovushkinskie limestones». In Praghian deposits pearlwort are too rare (*Lioclema subramosum* Ulrich et Bassler, *Eridotrypa* sp., *Minussina* sp.). Early-Emsian complex (local pearlwort area *Kuzbassus admirandus* – *Eridotrypa neocallosa*) contains 12 types, among which there are no such types of both a Praghian and Lockhovian ages. At the same time with the changing of Middle-Emsian complex (local pearlwort area *Eridotrypa beloviensis* – *Lioclema lucida*) there are five common types. The paper gives the description of the studied types. Table 1. Fig. 7. Ref. 16.

**Keywords:** Lockhovian stage, Praghian stage, Altae-Sayanskaya folded area, pearlwort, borovushkinskie limestones.

УДК 622.817.47+622.822.22

Многоцелевые возможности использования колтюбинговых технологии для дегазации выработанного пространства, мониторинга и борьбы с пожарами / Коряга М.Г. // «Вестник СибГИУ». – 2015. №2 (12). – С. 25.

Предлагается интеграция технологии колтюбинга в традиционную схему дегазации выработанного пространства шахты с осуществлением непрерывного мониторинга температуры, состава атмосферы и нагнетания газообразных и жидких реагентов для тушения пожара в выработанном пространстве. Проведение этих работ осуществляется через отверстия перфорации трубы (в заданном интервале), оставленной в конвейерном штреке, в выработанном пространстве изолированного выемочного столба. Ил. 4. Библ. 15.

**Ключевые слова:** шахта, схема дегазации, колтюбинг, профилактика самовозгорания угля.

Multi-use of coiled tubing technologies for degassing the goaf, monitoring and fire fighting / Koryaga M.G. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 25.

The author suggests the integration of Coiled Tubing technology (CT) in the traditional degassing scheme of the worked-out mine area with implementation of continuous monitoring of temperature, atmospheric composition and pressure of gaseous and liquid reactants for fire fighting in the goaf. Carrying out these works is possible thanks to the perforations of the pipe at a predetermined interval in the left drift conveyor, in the goaf insulated extraction pillar. Fig. 4. Ref. 15.

**Keywords:** mine, degassing scheme, Coiled Tubing (CT), prevention of spontaneous coal combustion.

УДК 669.14:620.17.001.18

Прогнозирование качественных характеристик стали марки 20ГФЛ / Князев С.В., Скопич Д.В., Усольцев А.А., Фатьянова Е.А. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 31.

Предложено решение проблем, связанных с получением брака стали по механическим свойствам, с помощью прогнозной модели методом Random Forest (RF). Для анализа были взяты пять показателей механических свойств (ударная вязкость  $KCU_{-60}^{\circ C}$  и  $KCV_{-60}^{\circ C}$ , временное сопротивление, относительное сужение и относительное удлинение) и десять элементов химического состава (C, S, Mn, P, S, Cr, Ni, Al, Cu, V). Установлено, что существует возможность прогнозирования и управления механическими свойствами стали по ходу выплавки. При получении прогноза брака по одному из параметров, задав текущие значения элементов химического состава и конечные условия, можно рассчитать химический состав стали, которого еще возможно добиться на данной плавке и который будет гарантировать отсутствие брака. Ил. 4. Библ. 7.

**Ключевые слова:** сталь, прогнозирование, механические свойства, химический состав, моделирование, плавка, управление.

Forecasting of steel qualitative characteristics of 20ГФЛ grade/ Knyazev S.V., Skopich D.V., Usol'tsev A.A., Fat'yanova E.A. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 31.

The article presents the problem solutions, connected with obtaining steel defect on mechanical properties, with the help of forecasting model, using the method of Random Forest (RF). For the analysis five indicators of mechanical properties (impact resistance  $KCU_{-60}^{\circ C}$  and  $KCV_{-60}^{\circ C}$ , ultimate strength, contraction ratio and elongation), as well as ten elements of the chemical composition (C, S, Mn, P, S, Cr, Ni, Al, Cu, V) have been taken. It has been established, that there is a possibility to forecast and manage steel mechanical properties in the process of melting. When receiving the defect forecast on one of the parameters, giving the current values of the elements of chemical composition and the final conditions, it is possible to calculate the steel chemical composition, which can be obtained during the melting and which guarantees the absence of defect. Fig. 4. Ref. 7.

**Keywords:** steel, forecasting, mechanical properties, chemical composition, modeling, melting, management.

УДК 621.011:539.52

Термически активированные процессы при горячей деформации стали 08X18H10T / Филиппова М.В., Темлянцев М.В., Перетьяко В.Н. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 33.

Проведено исследование кривых течения аустенитной стали 08X18H10T с содержанием 28 %  $\delta$ -феррита, полученных методом растяжения образцов при температурах от 800 до 1200 °С. Установлено, что протекание атермической деформации возможно при высоких температурах и низких скоростях деформации. Определены интервалы температур и скоростей деформации, где формоизменение металла является результатом термически активированного движения дислокаций. Ил. 6. Библ. 9.

**Ключевые слова:** деформация, феррит, аустенит, неравномерность деформаций, границы зерен, нержавеющая сталь, аустенитная сталь.

Thermally activated processes at hot deformation of 08X18H10T steel / Filippova M.V., Temlyantsev M.V., Peretyat'ko V.N. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 33.

The article gives the research results of flow curve of 08X18H10T austenitic steel with the content of 28 %  $\delta$ -ferrite, obtained by the tension techniques of the samples at the temperatures from 800 to 1200 °C. It has been established, that the behavior of the athermal deformation is possible at high temperatures and low deformation velocities. The intervals of temperatures and deformation velocities, where the metal form change is the result of thermally activated movement of dislocations, have been defined. Fig. 6. Ref. 9.

**Keywords:** deformation, ferrite, austenite, irregularity of deformations, grain boundaries, stainless steel, austenitic steel.

УДК 656.222

Современные подходы к созданию трансконтинентальной магистрали с позиций заинтересованных стран / Воскресенский И.В., Воскресенская Т.П., Николаева Л.Ю. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 38.

Актуальность и потенциальные возможности объединения двух полушарий планеты через Берингов пролив с целью создания всемирной сухопутной транспортной сети очевидны. Осуществление такого мегапроекта (строительство скоростной трансконтинентальной полимагистрали, соединяющей Россию, Аляску, Канаду, США и Китай) невозможно без участия государств, находящихся в зоне ее тяготения. Проект перехода через Берингов пролив может быть сформулирован как глобальная инвестиция в мир и взаимную безопасность, которая приведет к твердым, долгосрочным экономическим преимуществам. В плане реализации проекта и последующей интеграции в глобальную транспортную сеть заинтересованные страны развивают ресурсную базу в регионах, расположенных в зоне предполагаемого трассирования политранспортной скоростной «Трансконтинентальной магистрали Евразия – Америка через Берингов пролив». Библ. 4.

**Ключевые слова:** трансконтинентальная магистраль, Берингов пролив, интеграция, ресурсная база.

Modern approaches to the formation of the transcontinental main from the point of view of the interested countries / Voskresenskiy I.V., Voskresenskaya T.P., Nikolaeva L.Yu. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 38.

The actuality and potential possibilities of uniting two hemispheres through Bering Strait in order to create worldwide land transport network are evident. The fulfillment of such a megaproject (the construction of express transcontinental polymain, joining Russia, Alaska, Canada, USA and China) is not possible without the participation of the states, located in the zone of its inclination. The project of the passage through Bering Strait can be formulated as a global investment into the world and the mutual security, which will lead to the steady, long-term economic benefits. In the plan of the project realization and the subsequent integration in global transport network the interested countries develop resource base in the regions, located in the areas of the supposed tracing of polytransport express «Transcontinental main Eurasia – America through Bering Strait». Ref. 4.

**Keywords:** transcontinental main, Bering Strait, integration, resource base.

УДК 622.023:620.1.05

Методика оценки прочности горных пород в окрестностях скважины, пробуренной из горной выработки / Пугачёв Е.В., Корнеев В.А., Корнеев П.А. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 42.

Статья посвящена методике, устройству для ее реализации и программному обеспечению оценки прочности горных пород в окрестностях скважины, пробуренной из горной выработки. Ил. 6. Библ. 5.

**Ключевые слова:** горные породы, индентор, устройство, диаграмма вдавливания, скважина, методика.

Assessment technique of rock strength in the neighborhood of holes, drilled from mine opening / Pugachev E.V., Korneev V.A., Korneev P.A. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 42.

The article is devoted to the methodology, arrangement for its implementation and software of the assessment technique of rock strength in the neighborhood of holes, drilled from mine opening. Fig. 6. Ref. 5.

**Keywords:** rocks, indenter, device, indentation diagram, hole, methodology.

УДК 621.51:621.313

Исследование переходного процесса в цепи тока приводного электродвигателя при аварии турбокомпрессора / Пугачёв Е.В., Кипервассер М.В., Герасимук А.В. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 45.

Описываются результаты исследования характера переходного процесса в цепи тока синхронного двигателя привода турбокомпрессора, полученные методом математического моделирования аварийной ситуации на ПК в среде Matlab Simulink. Ил. 3. Библ. 8.

**Ключевые слова:** турбокомпрессор, авария, синхронный двигатель, ток.

Research of the transitional process in the current circuit of the driven electric-motor during the emergency of turbocompressor / Pugachev E.V., Kiperwasser M.V., Gerasimuk A.V. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 45.

The paper describes the research results of the character of the transitional process in the current circuit of the synchronous motor of turbocompressor drive, obtained by the mathematical model approach of the emergency situation on the PC in the medium of Matlab Simulink. Fig. 3. Ref. 8.

**Keywords:** turbocompressor, emergency, synchronous motor, current.

УДК 621.314

Защита матричного преобразователя частоты в аварийных режимах / Пугачёв Е.В., Иванов А.С., Нусратов П.Р., Иванов В.С. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 49.

Рассмотрены существующие схемы защиты матричных преобразователей частоты от перенапряжения и перегрузок по току. Ил. 4. Библ. 8.

**Ключевые слова:** матричный преобразователь частоты, токовая коммутация, защита от перенапряжений.

Protection of matrix frequency converter in emergency modes / Pugachev E.V., Ivanov A.S., Nusratov P.R., Ivanov V.S. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 49.

The article considers the existing overvoltage protection circuits of matrix frequency converter. Fig. 4. Ref. 8.

**Keywords:** matrix frequency converter, current switching, overvoltage protection.

УДК 69.058:728.48

Оценка технического состояния строительных конструкций общественного здания в городе Новокузнецке с учетом требований норм сейсмостойкого строительства / Алешин Н.Н., Алешин Д.Н., Колесников А.В. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 53.

Приведен анализ результатов расчета здания с учетом сейсмических воздействий, разработаны мероприятия по усилению строительных конструкций, произведен и анализ результатов расчета усиленного здания. Ил. 4. Библ. 2.

**Ключевые слова:** расчет здания, сейсмические воздействия, усиление строительных конструкций.

Assessment of operating conditions of building constructions of public buildings in Novokuznetsk taking into account all the requirements for rates of seismic building / Aleshin N.N., Aleshin D.N., Kolesnikov A.V. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 53.

The paper gives the analysis of the results of the calculations of the building taking into account seismic load. The measures devoted to the strengthening of building constructions have been worked out. The authors of the work have also offered the analysis of the results of the calculations of the strengthened building. Fig. 4. Ref. 2.

**Keywords:** building estimate, seismic load, strengthening of building constructions.

УДК 711.4.01

Малые архитектурные формы в пространстве городской среды / Осипов Ю.К., Матехина О.В. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 61.

Проведен анализ внешнего благоустройства городской среды через использование малых форм. Малые архитектурные формы по своему характеру и стиливому решению являются наиболее изменчивым слоем предметно-пространственной среды, поэтому требуют более пристального внимания. Обращено внимание на приемы освещения элементов городской среды. Предложено приблизить зеленые зоны к порогу дома через устройство мини-парков. Библ. 2.

**Ключевые слова:** городская среда, малые архитектурные формы, мини-парки.

Low architectural forms in the space of urban environment / Osipov Yu.K., Matechina O.V. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 61.

The analysis of outward improvement of urban environment through the usage of low forms has been carried out. Low architectural forms in their character and style are the most changeable layers of body-space environment; that is why they require the closer attention. The attention is also paid to the examples of illumination of the elements of urban environment. It has been offered to bring nearer green zones to the house thresholds organizing mini-parks. Ref. 2.

**Keywords:** urban environment, low architectural forms, mini-parks.

УДК 62-83-52:622.445

Разработка автоматизированных систем контроля и управления шахтных вентиляторных установок / Иванов А.С., Мещерин А.Т., Мещерина Ю.А., Пугачёв Е.В., Пугачёва Э.Е. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 64.

Приведены характеристики новой разработки Научной школы СибГИУ «Информационно-материальные технологии в электромеханических системах горно-металлургического комплекса» и Научно-производственной фирмы «ИНТЕХСИБ» – системы автоматического управления вентиляторами главного проветривания угольных шахт и рудников КУГВ-01. Показаны широкие возможности разработанной системы для обеспечения безопасности ведения горных работ и надежности системы электроснабжения вентиляторной установки. Ил. 1. Библ. 5.

**Ключевые слова:** синхронный электродвигатель, плавный запуск, вентиляторная установка, многофункциональная система управления, радиомодем, блокировки, искробезопасные цепи, комплект аппаратуры, микроконтроллер, комплект программного обеспечения.

Elaboration and the fabrication method of innovative automated systems of control and management of fan units for coalmines / Ivanov A.S., Meshcherin A.T., Meshcherina Y.A., Pugachev E.V., Pugacheva E.E. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 64.

The characteristics of the new project of SibSIU Science school «Information and material technologies of electromechanical systems of mining and smelting complex» and research-and-production company «INTECHSIB» – the automatic control system for main ventilation fan units of coal and ore mines KUGV-01 – are presented. Great capabilities for ensuring mining safety and reliability of ventilating plant power supply are shown. Fig. 1. Ref. 5

**Keywords:** synchronous electric motor, soft start, fan unit, multifunctional control system, radio modem, locks, intrinsically safe electrical circuit, set of equipment, microcontroller, software package.

УДК 666.9:[658.567.1:622.7]

Отходы углеобогащения как сырье для получения строительных материалов / Панова В.Ф., Панов С.А. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 71.

Приведены результаты исследования отходов углеобогащения (ОУО) обогатительных фабрик Кузбасса: Кузнецкой, Абашевской, ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Предложено применение ОУО в различных отраслях: в черной, цветной металлургии, сельском хозяйстве, строительстве дорог и получения строительных материалов. Приведены показатели вещественного, химического и минералогического составов и пофракционные исследования пород на содержание углерода. Разработаны предложения по удалению углистых примесей из породы, которые отрицательно влияют на качество строительных изделий. Применен метод флотации (или метод дополнительной термической обработки) с аккумуляцией тепла и получение так называемых «горелых пород», обладающих активностью. Дана модель переработки и применения отходов углеобогащения как сырья для стройиндустрии. Ил. 4. Табл. 1. Библ. 8.

**Ключевые слова:** отходы углеобогащения (ОУО), обжиговые строительные материалы, углерод, зольность, добавка, кирпич, заполнитель, компонент цемента.

Waste coal as a raw material for the obtaining of construction materials / Panova V.F., Panov S.A. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 71.

The article presents the research results of waste coal (WC) of the coal-preparation plants of Kuzbass region: Kuznetskaya, Abashevskaya, JSC «EVRAZ ZSMK». It has been offered to use WC in different branches: in non-ferrous and ferrous metallurgy, agriculture, road constructions and obtaining of construction materials. The article also gives the indicators of material, chemical and mineralogical constitutions and fraction-by-fraction researches of rocks on carbon content. The proposals on removal of coaly impurities from the rocks, which have a negative influence on the quality of the building units, have been worked out. Floatation method (or the method of the additional thermal treatment) with heat accumulation and receiving of so-called «burnt rocks», having the activity, has been used. The treatment processing models, as well as the model of using waste coals as a raw material for building industry have been given. Fig. 4. Table 1. Ref. 8.

**Keywords:** waste coal (WC), kilning construction materials, carbon, ash-content, additive, brick, filler, cement component.

УДК 628.3.034.2:622.3

Проблемы очистки шахтных вод / Ворон Л.В., Ланге Л.Р., Благоразумова А.М. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 76.

Подавляющая часть имеющихся на угольных предприятиях очистных сооружений не обеспечивает очистки сточных вод до нормативных требований из-за несовершенства применяемых схем очистки, неграмотной эксплуатации сооружений. Все эти явления приводят к неэффективной работе сооружений и к недосяжению возможных показателей очистки. Направлениями решения этих проблем можно назвать создание и соблюдение требуемых режимов очистки на действующих сооружениях и максимальную интенсификацию их работы. Это позволит значительно сократить сбросы взвешенных веществ и нефтепродуктов в водоемы с минимальными затратами на модернизацию сооружений, но не решит проблемы по удалению ионов тяжелых металлов, фенолов и других сложных соединений без более глубокой физико-химической или электрохимической очистки. Ил. 1. Библ. 7.

**Ключевые слова:** шахтные воды, загрязняющие вещества, водоемы, очистные сооружения, горизонтальные отстойники.

Problems of mine water treatment / Voron L.V., Lange L.R., Blagorazumova A. M. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 76.

The vast majority of the existing treatment facilities at the coal enterprises does not provide the sewage treatment up to the regulatory requirements because of the imperfection of the used cleaning scheme and the unskilled operation of the facilities. All these phenomena lead to the inefficient facility work and to the failure of the possible cleaning measures. To solve these problems is possible to the creation and compliance of the required cleaning modes at the acting facilities and the maximum intensification of their work. This allows reducing significantly suspended matter and petroleum product dumping into the basins with minimum expenses for the facility modernization, but it does not solve the problem of heavy metal ion removal, as well as phenols and other complex compounds without deeper physicochemical or electrocleaning. Fig. 1. Ref. 7.

**Keywords:** mine water, contaminating materials, basins, treatment facilities, horizontal settlers.

УДК 94(57.17):504.06

Экологические последствия индустриального освоения Кузбасса / Шмыглёва А.В. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 80.

Рассмотрены причины экологического неблагополучия в одном из ведущих промышленных регионов Сибири и России – Кемеровской области. Проанализированы факторы, которые на протяжении десятилетий способствовали ухудшению состояния окружающей среды в регионе. Кемеровская область, обладающая уникальным природно-ресурсным потенциалом, стала центром металлургической, химической, угледобывающей и энергетической промышленности страны в годы первых пятилеток. Экологическая система в это время рассматривалась как площадка для размещения производства или ресурсная база, а ее эксплуатация происходила без учета интересов окружающей среды. Не были учтены специфические ландшафтно-климатические условия региона и метеорологические факторы, не выполнялись санитарно-гигиенические и

градостроительные требования. Это стало причиной высоких концентраций вредных веществ в атмосфере и воде городов, вызвало ухудшение состояния здоровья населения. Библ. 18.

**Ключевые слова:** Кузбасс, промышленность, экологические проблемы.

Ecological consequences of the industrial development of Kuzbass / Shmygleva A.V. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 80.

The paper is devoted to the causes of ecological problems in one of the leading industrial regions of Siberia and Russia – in Kemerovo region. The factors, which have been contributed to the change for the worse of the environmental conditions in the region over the period of decades, have been analyzed. Kemerovo region, having unique nature-resource potential, has become the centre of metallurgical, chemical, coal mining branches and energy industry in the country for the years of the first five-year plans. Ecological system at this time was considered as an area for the placement of the industry or resource potential, and its operation occurred without taking into account the interests of the environment. Specific landscape-climatic conditions of the region and meteorological factors were not considered, as well as sanitary and hygienic and town-planning requirements were not fulfilled. That fact has become the cause of high hazardous substances concentrations in the city atmosphere and water, and has worsened the population state of health. Ref. 18.

**Keywords:** Kuzbass, industry, ecological problems.

УДК 622.271(075.8)

Рациональное использование литогенных ресурсов в рекультивации с целью устойчивого функционирования техногенных ландшафтов Кузбасса / Семина И.С. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 84.

В период разработки месторождений полезных ископаемых необходимо учитывать качество и количество литогенных ресурсов (суглинков, плодородного слоя почвы и т.п.) для последующей рекультивации нарушенных земель. Часто в результате смешивания литогенных ресурсов с горными породами на поверхности отвалов оказывается смесь пород, малоприспособленная для восстановления почвенного и растительного покровов, что является свидетельством нерационального природо- и ресурсопользования. Ил. 1. Библ. 10.

**Ключевые слова:** георесурсы, техногенные ландшафты, рекультивация, угольный разрез, карьерные выемки, отвал.

Rational use of lithogenous resources in the process of recultivation in the purpose of stable functioning of technogenic landscapes in Kuzbass / Semina I.S. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 84.

During the development of deposits of useful minerals it is necessary to take into account the quality and quantity of lithogenous resources (loam, fertile soil and so on) for the subsequent recultivation of the disturbed soils. Often as a result of mixing lithogenous resources with rocks on the surface of dumps a rock mixture is found, which is not really usable for the restoration of soil and plant cover; that is the evidence of irrational nature-and-resource usage. Fig. 1. Ref. 10.

**Keywords:** georesources, technogenic landscapes, recultivation, opencast coal mine, borrow cuts, dump.

УДК 666.9:620.22

Термозащита и энергосбережение на основе использования нанодисперсного связующего / Черепанов К.А., Коротков С.Г. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 88.

Проблема энергосбережения является одной из главных для всех стран и особенно для России с ее суровым климатом. Одной из основных задач является повышение энергоэффективности и предотвращение потерь тепла при работе теплогенерирующих установок. Важным является применение современных материалов, обеспечивающих длительную и безаварийную работу тепловых агрегатов, например, котельных установок, с увеличением межремонтного срока работы. В этом случае производится защита металлических рабочих поверхностей с помощью современных керамических покрытий, а ремонт обмуровки выполняется с применением нанодисперсных вяжущих композиций, основой которых являются коллоидные растворы (золи), обладающие специфическими свойствами. Разработана тиксотропная вяжущая композиция, содержащая кремнезоль, наночастицы которого интенсифицируют процесс конденсационного структурообразова-

ния во время твердения изделий. Вид применяемого заполнителя зависит от назначения изделия. Применение предлагаемой защитной обмазки при ремонтах обмуровки котлов в котельных городах юга Кузбасса позволило проводить два, а в некоторых случаях три отопительных сезона без ежегодно проводимых летних ремонтов котлов. Библ. 4.

**Ключевые слова:** энергосбережение, тепловая изоляция, минеральная вата, золь-гель технологии, дисперсные системы.

Thermal protection and energy-saving based on the usage of a nanodispersed binder / [Cherepanov K.A.](#), Korotkov S.G. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 88.

The energy-saving problem is one of the major ones for all the countries and especially for Russia with its severe climate. One of the main tasks is the increase of energy-efficiency and prevention of heat losses at the work of heat-generating units. The most important thing is to use modern materials, providing long and trouble-free service of thermal units, for instance, boiler installations, with the increase of interrepair service. In this case the protection of metal work surface is produced with the help of modern ceramic coatings, and the repair of settings is carried out with the usage of nanodispersed binding composition, the basis of which are the colloidal solutions (sols), having specific characteristics. Thixotropic binding composition has been worked out: it contains Siliceous, nanoparticles of which intensify the process of condensation structure formation during the solidification of items. Type of the used filler depends on the purpose of the item. The usage of the offered protective coating during the repair works of boiler settings in the city boiler-houses located in the South of Kuzbass region has allowed running two, and in some cases three heating seasons without annually carried out summer boiler repairs. Ref. 4.

**Keywords:** energy-saving, thermal insulation, mineral cotton, sol-gel technologies, disperse systems.

УДК 338.45: 69

О целесообразности строительства комплекса «Стан 5000 – трубоэлектросварочное производство» в Новокузнецке / Ефимов Н.А., Ерофеев С.С., Воронин В.Е. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (2). – С. 92.

Рассматриваются основания, обуславливающие целесообразность развития Новокузнецкого металлургического кластера. Предложено одно из направлений развития этого кластера, связанное со строительством на промышленной площадке ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» комплекса «Стан 5000 – трубоэлектросварочное производство». Табл. 2. Библ. 9.

**Ключевые слова:** металлургический кластер, производственная структура, сортамент продукции, толстолистовой стан, трубное производство, экономика Сибири.

On appropriateness of building of «Mill 5000 – pipe-electric welding production» complex in Novokuznetsk / Efimov N.A., Erofeev S.S., Voronin V.E. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (2). – P. 92.

The article presents the grounds, conditioning the appropriateness of the development of Novokuznetsk metallurgical cluster. One of the areas of the development of the cluster has been offered; it is connected with the building on the industrial estate of JSC «EVRAZ ZSMK» of «Mill 5000 – pipe-electric welding production» complex. Table 2. Ref. 9.

**Keywords:** metallurgical cluster, industrial structure, production assortment, plate mill, pipe production, economics of Siberia.

УДК 622.8 (083.74)

Оценка и идентификация опасностей, рисков и процедура управления ими в условиях предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты / Обрядин В.В., Мячин В.В., Семина И.С. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 96.

Представлена методология управления рисками, в основе которой лежит система разработки карт рисков при выполнении различных производственных, технологических, профилактических и ремонтных процессов, а также представлена оценка их критериев. На основании карт рисков следует разрабатывать корректирующие мероприятия, направленные на снижение показателей рисков до минимального или приемлемого уровня. Эффективность корректирующих мероприятий определяется методом сравнения критериев рисков до и после проведения корректирующих мероприятий. Библ. 3.

**Ключевые слова:** риск, коллективный риск, приемлемый риск, техника безопасности, идентификация опасностей, методология идентификации опасностей.

Assessment and identification of dangers, risks and their management procedure in the conditions of the enterprises, running dangerous manufacturing entities / Obryadin V.V., Myachin V.V., Semina I.S. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 96.

The article is devoted to the methodology of risk management, in the basis of which the system of risk map development, when fulfilling different industrial, technological, preventive and repair processes, lies, as well as the assessment of their criteria is given. Based on the risk maps corrective measures should be developed, which are directed at the decrease of risk factors up to the minimum or acceptable levels. The efficiency of correcting measures is determined by the comparison method of risk criteria before and after conducting correcting measures. Ref. 3.

**Keywords:** risk, collection risk, acceptable risk, safety measures, danger identification, methodology of danger identification.

УДК 504.001.83

Проблемы формирования нокологической культуры при преподавании безопасности жизнедеятельности в условиях реформирования высшей школы / Лежава С.А. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 100.

Представлены краткие сведения о нокологии; изложены трудности в процессе преподавания учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» в техническом высшем учебном заведении в процессе реформирования высшей школы. Библ. 8.

**Ключевые слова:** нокология, культура, образование, компетенции, безопасность жизнедеятельности (БЖД), учебный процесс.

Formation problems of noxology culture when teaching life vital functions safety in the conditions of higher school reformations / Lezhaeva S.A. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 100.

The paper presents brief information about noxology; as well as states the difficulties in the educational process of classroom discipline «Life vital functions safety» in a technical higher educational institution in the process of higher school reformations. Ref. 8.

**Keywords:** noxology, culture, education, competency, life vital functions safety (LVFS), educational process.

УДК 801.31

Новый англо-русский словарь горнякам / Щербина Г.С. // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 2 (12). – С. 103.

Студенты горных институтов изучают английский язык и переводят техническую литературу, при этом они пользуются существующим англо-русским словарем, который был издан в 1958 г. За прошедшие годы современная горная английская терминология значительно изменилась. «Новый англо-русский словарь горнякам» издан в Сибирском государственном индустриальном университете в 2014 г. Он содержит около 30000 только английских горных терминов.

**Ключевые слова:** добыча угля, подземные и открытые разработки, горный словарь.

New English-Russian dictionary for miners / Shcherbina G.S. // Bulletin of SibSIU. – 2015. – № 2 (12). – P. 103.

Students of mining institutes study English and translate technical literature, at the same time they use the present English-Russian dictionary, which was published in 1958. For the past years modern English mining terminology has changed considerably. New «Mining English-Russian dictionary» was published in Siberian State Industrial University in 2014. It contains about 30000 English mining terms.

**Keywords:** coal mining, underground mining and opencast, dictionary for miners.

Над номером работали:

Протопопов Е.В., *главный редактор*

Темлянцев М.В., *заместитель главного редактора*

Коновалов С.В., *ответственный секретарь*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Бащенко Л.П., *ведущий редактор*

Запольская Е.М., *компьютерная верстка, иллюстрации*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются оригинальные, ранее не публиковавшиеся статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

1. Металлургия и материаловедение.
2. Горное дело и геотехнологии.
3. Машиностроение и транспорт.
4. Энергетика и электротехнологии.
5. Химия и химические технологии.
6. Архитектура и строительство.
7. Автоматизация и информационные технологии.
8. Экология и рациональное природопользование.
9. Экономика и управление.
10. Образование и педагогика.
11. Гуманитарные науки.
12. Социальные науки.
13. Отклики, рецензии, биографии.

К рукописи следует приложить рекомендацию соответствующей кафедры высшего учебного заведения и акт экспертизы.

Кроме того, необходимо разрешение ректора или проректора высшего учебного заведения (для неучебного предприятия – руководителя или его заместителя) на опубликование результатов работ, выполненных в данном вузе (предприятии).

В редакцию следует направлять два экземпляра текста статьи на бумажном носителе, а также на электронном. Для ускорения процесса рецензирования статей электронный вариант статьи и скан-копии сопроводительных документов рекомендуется направлять по электронной почте ответственному секретарю журнала на e-mail: [konovserg@gmail.com](mailto:konovserg@gmail.com) с пометкой «статья в Вестник СибГИУ».

Таблицы, библиографический список и подрисуночный текст следует представлять на отдельных страницах. В рукописи необходимо сделать ссылки на таблицы, рисунки и литературные источники, приведенные в статье.

Иллюстрации нужно представлять отдельно от текста на носителе информации. Пояснительные надписи в иллюстрациях должны быть выполнены шрифтом Times New Roman Italic (греческие буквы – шрифтом Symbol Regular) размером 9. Тоновые изображения, размер которых не должен превышать 75x75 мм (фотографии и другие изображения, содержащие оттенки черного цвета), следует направлять в виде растровых графических файлов (форматов \*.bmp, \*.jpg, \*.gif, \*.tif) в цветовой шкале «оттенки серого» с разрешением не менее 300 dpi (точек на дюйм). Штриховые рисунки (графики, блок-схемы и т.д.) следует представлять в «черно-белой» шкале с разрешением не менее 600 dpi. На графиках не нужно наносить линии сетки, а экспериментальные или расчетные точки (маркеры) без крайней необходимости не «заливать» черным. Штриховые рисунки, созданные при помощи рас-

пространственных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного приложения (\*.xls, \*.vsd и др.). На обратной стороне рисунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

Формулы вписываются четко. Шрифтовое оформление физических величин следующее: латинские буквы в светлом курсивном начертании, русские и греческие – в светлом прямом. Числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Если формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, следить, чтобы масштаб формул был 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс/ Мелкий индекс» («Subscript/Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адреса с почтовыми индексами, телефон и E-mail того, с кем вести переписку).

Цитируемую в статье литературу следует давать не в виде подстрочных сносок, а общим списком в порядке упоминания в статье с обозначением ссылки в тексте порядковой цифрой.

Перечень литературных источников рекомендуется не менее 10. Библиографический список оформляют в соответствии с ГОСТ 7.2 – 2003: а) для книг – фамилии и инициалы авторов, полное название книги, номер тома, место издания, издательство и год издания, общее количество страниц; б) для журнальных статей – фамилии и инициалы авторов, полное название журнала, название статьи, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название сборника, название статьи, место издания, издательство, год издания, кому принадлежит, номер или выпуск, страницы, занятые статьей.

Иностранные фамилии и термины следует давать в тексте в русской транскрипции, в библиографическом списке фамилии авторов, полное

название книг и журналов приводят в оригинальной транскрипции.

Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

К статье должны быть приложены аннотация в двух экземплярах объемом не менее 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, а также ключевые слова.

В конце статьи необходимо привести на английском языке: название статьи, Ф.И.О. авторов, место их работы, аннотацию и ключевые слова.

Краткие сообщения должны иметь самостоятельное научное значение и характеризоваться новизной и оригинальностью. Они предназначены для публикации в основном аспирантских работ. Объем кратких сообщений не должен превышать двух страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, включая таблицы и библиографический список. Под заголовком в скобках следует указать, что это краткое сообщение. Допускается

включение в краткое сообщение одного несложного рисунка, в этом случае текст должен быть уменьшен. Приводить в одном сообщении одновременно таблицу и рисунок не рекомендуется.

Количество авторов в кратком сообщении должно быть не более трех. Требования к оформлению рукописей и необходимой документации те же, что к оформлению статей.

Корректуры статей авторам, как правило, не посылают.

В случае возвращения статьи автору для исправления (или при сокращении) датой представления считается день получения окончательного текста.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят гласную рецензию.

Статьи журнала индексируются в РИНЦ и представлены на сайте СибГИУ ([www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)) в разделе Наука и инновации (Периодические научные издания (Журнал «Вестник СибГИУ»)).

