

Научный журнал

# ВЕСТНИК

Сибирского  
государственного  
индустриального  
университета

№ 2 (16), 2016

Основан в 2012 году  
Выходит 4 раза в год

## Учредитель:

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

## Редакционная коллегия

М.В. Темлянец  
(главный редактор)

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  
Л.Ф. Михальцова  
С.И. Павленко  
Т.В. Петрова  
Л.Б. Подгорных  
Е.В. Протопопов  
А.К. Соловьев  
А.В. Феоктистов  
В.Н. Фрянов  
В.П. Цымбал

## СОДЕРЖАНИЕ

### ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Чубриков А.В., Риб С.В.** Развитие и совершенствование полимерных технологий на угольных шахтах Кузбасса.....3  
**Шеховцова В.О.** Обоснование параметров схемы отработки слепых сближенных железорудных залежей.....6

### МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Осколкова Т.Н.** Карбидовольфрамовые твердые сплавы трибо-технического назначения.....11  
**Козырев Н.А., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Шурупов В.М., Козырева О.Е.** Термодинамика реакций восстановления  $WO_3$  углеродом.....15  
**Полевой Е.В., Добужская А.Б., Темлянец М.В.** Сравнительный анализ микроструктуры и свойств дифференцированно и объемно термоупрочненных рельсов.....18

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

- Савельев А.Н., Северьянов С.С., Савельева А.В.** Моделирование эксплуатационной надежности агрегатов технологической линии МНЛЗ, как сложной технической системы.....23  
**Савельев А.Н., Козлов С.В., Анисимов Д.О.** Особенности формирования динамических моделей многодвигательных гидрориводов холодильников МНЛЗ.....28

### ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ

- Герасимук А.В., Кипервассер М.В., Топильская Е.Н.** Исследование нагрева мощного высоковольтного синхронного электродвигателя при внезапном отключении системы охлаждения.....32

### АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

- Назаренко И.К.** Атриумные здания на предстоящем эволюционном этапе архитектуры северного жилища.....35  
**Назаренко И.К.** Морфология атриумных жилых зданий для северных условий.....40  
**Дрожжин Р.А., Благиных Е.А.** Реабилитация промышленных территорий как один из факторов устойчивого развития городской среды.....49

### ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Фомин А.И., Поздняков А.Н., Лежава С.А., Семина И.С.** Оценка темпа изменения риска и экономического ущерба в результате травматизма, аварийности на электроэнергетическом предприятии.....55

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

<b>Баскакова Т.В., Борисова Т.Н., Быстров В.А.</b> Совершенствование организации труда на обогатительной фабрике.....	63
<b>Быстров В.А., Борисова Т.Н., Грекова Н.Ю., Трегубова О.Г.</b> Ведущая роль научно-технического прогресса в управлении персоналом.....	67

## ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕДАГОГИКА

<b>Баклушина И.В.</b> Управление учебной деятельностью при реализации дисциплины «Теплоснабжение».....	72
<b>Баклушина И.В., Башкова М.Н.</b> О реализации возможной траектория получения обучающимися профессии рабочего при освоении основной образовательной программы высшего образования.....	76

## ОТКЛИКИ, РЕЦЕНЗИИ, БИОГРАФИИ

Памяти Ивана Филипповича Селянина.....	80
<b>Рефераты</b> .....	82
<b>К сведению авторов</b> .....	90

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

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

### Адрес редакции:

654007, Кемеровская обл., 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: [vestnicsibgiu@sibsiu.ru](mailto:vestnicsibgiu@sibsiu.ru)

### Адрес издателя:

654007, Кемеровская обл., 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, Кемеровская обл., 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

24.06.2016 г.

Выход в свет

30.06.2016 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 5,5.

Уч.-изд.л. 6,0.

Тираж 300 экз.

Заказ № 511.

Цена свободная.

*А.В. Чубриков, С.В. Риб*

Сибирский государственный индустриальный университет

## РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КУЗБАССА

При подземной разработке угольных пластов важное значение имеет устойчивое состояние горных пород на контуре горных выработок. Как показывает горная практика, на шахтах Кузбасса подземные горные работы часто ведутся в слабых, трещиноватых, сильно нарушенных и обводненных породах. Традиционные способы крепления оказываются здесь недостаточно эффективными. Увеличение количества обрушений пород с возрастанием глубины разработки и недостаточная изученность механических процессов в массиве требуют разработки и обоснования технологий упрочнения пород. Таким образом, управление состоянием горного массива для обеспечения его устойчивости является важнейшей задачей горного производства.

Анализ горно-геологических условий залегания угольных пластов Кузбасса показал, что значительная часть пластов имеет дизъюнктивную нарушенность и собрана в антиклинальные и синклиналильные складки, а также поражена размывами. В этих зонах прочность горных пород резко снижается, что отрицательно сказывается на состоянии горных выработок. Перечисленные факторы снижают эффективность применения дорогостоящего проходческого и очистного оборудования, а также ухудшают безопасность работ. Это значит, что повышение технико-экономических показателей напрямую зависит от уровня управления геомеханическими процессами.

В результате анализа производственного опыта установлено, что:

- объем проведения капитальных и подготовительных горных выработок в зонах геологических нарушений на шахтах Кузбасса составляет до 25 – 30 %;
- горные крепи в этих условиях часто не обеспечивают устойчивость горных выработок;
- в качестве основного средства поддержания выработок в устойчивом состоянии в нарушенных породах используется упрочнение вмещающего породного массива.

Широкое распространение в угольной промышленности при подземной разработке по-

лучило упрочнение массива горных пород путем введения в трещины различных веществ. В качестве упрочняющего материала применяются цементные растворы, силикатные и полиуретановые смолы. Например, упрочняющий состав полиуретановых смол обладает высокой проникающей способностью, эти смолы при нагнетании под давлением заполняют 90 – 95 % всех имеющихся в массиве трещин. Вспениваясь, полиуретан создает дополнительный распорный эффект, что улучшает связи между блоками массива и повышает его прочностные свойства.

Развитие и становление применения полимерных технологий на шахтах связано, прежде всего, с запросами горного производства и изменяющимися условиями горных работ:

- с повышением безопасности горных работ;
- с повышением эффективности технологических процессов;
- с изменением горно-геологических условий разработки угольных месторождений;
- с изменением горнотехнических условий эксплуатации шахтных полей.

Под влиянием этих обстоятельств в последние годы сформированы и активно разрабатываются различные направления использования полимерных технологий (см. таблицу).

Из всех применяемых смол широкое распространение получили полиуретановые и органоминеральные (силикатные) смолы, которые применяются для укрепления горных массивов как породных, так и угольных. В результате обеспечивается монолитность массива горных пород, которая позволяет проводить выработку без рисков обрушения (куполообразования). Следует отметить, что ликвидация купола по материальным затратам и по времени в десятки раз дороже и дольше опережающего инъекционного упрочнения. Эти смолы имеют высокую начальную скорость химической реакции при смешивании двух компонентов, хорошую проникаемость в трещиноватость массива и высокую адгезию, очень быстро набирают необходимую прочность отверж-

**Направления использования полимерных технологий**

Номер	Полимерная технология	Сущность работ
1	Упрочнение горного массива	Нагнетание полимерных смол
2	Предотвращение вывалов и отжимов горных пород	Нагнетание полимерных составов
3	Крепление горных выработок	Анкерование с применением современных полимерных технологий; применение анкеров глубокого заложения с полным заполнением шпуров органоминеральными смолами
4	Изоляция горного массива от выветривания, окисления, разрушения, самовозгорания	Набрызг специальными латексно-цементными составами
5	Аэроизоляция и тампонаж горных выработок	Возведение вентиляционных и взрывоустойчивых перемычек специальными химическими и пенными цементными составами
6	Заполнение куполов и пустот	Тампонаж вспенивающимися составами
7	Гидроизоляция	Нагнетание быстрореагирующих смол в горный массив при обильном водопитоке

денного состава, хорошо работают в обводненных условиях.

Рассмотрим некоторые из направлений использования полимерных технологий.

*Крепление горных выработок*

Простотой технологии закрепления и высокими физико-механическими свойствами полиэфирных смол объясняется широкое применение сталеполлимерных анкеров в России. На ряде шахт Кузбасса около 95 % всех выработок крепят анкерной крепью.

Большая работа по совершенствованию анкерной крепи проведена за рубежом. Постоянное увеличение глубины разработки и степени изрезанности месторождения выработками ограничивали использование чисто анкерной крепи в пластовых штреках немецких шахт [1]. Позиция такова: если анкер быстро устанавливается сразу же после обнажения кровли и боков, то деформации в массиве будут минимальны. Поэтому предпочтение отдается системе комбинированной крепи с последовательностью операций: анкерование, установка арочной крепи, заполнение закрепного пространства строительными смесями и инъекционное упрочнение пород.

Возможность применения анкерной крепи как самостоятельной в сложных условиях можно установить методом математического моделирования геомеханических процессов [2, 3] с последующей апробацией результатов при проведении и креплении горных выработок на

шахте в конкретных горно-геологических условиях.

Уже около десяти лет на угольных шахтах применяется двухуровневая схема анкерного крепления канатными анкерами типа АК01 и АК02. Канатный анкер закрепляется ампульным или нагнетательным способом. При ампульном способе могут использоваться ампулы с полиэфирной смолой или минеральной композицией. Необходимо отметить, что дополнительное упрочнение кровли анкерами второго уровня в период проходки исключает возможность вывалов кровли, тем самым повышает безопасность и эффективность работ [4].

*Упрочнение горного массива*

В направлении обеспечения устойчивости капитальных и подготовительных горных выработок в различных горно-геологических и горнотехнических условиях в лабораторных и натуральных условиях проведен комплекс экспериментальных исследований [5], показавших возможность упрочнения породных массивов твердеющими смесями.

Эффективным способом предотвращения вывалов угля и пород кровли при переходе очистным механизированным комплексом нарушенных участков является упрочнение нарушенного массива при помощи полимерных смол. Это подтверждается опытом нескольких шахт Кузбасса («Сибиргинская», «Большевик», «Алардинская» и др.). [6, 7].

Представляет интерес ситуация, когда массив, переведенный в результате упрочнения в объемное напряженное состояние, практически не имеет трещин, он не является удароопасным, так как способен выдерживать без разрушения большие нагрузки.

В другой горнотехнической ситуации изменения напряжений и деформаций впереди лавы (от влияния опорного давления) определяют проницаемость массива, что диктует при расчете параметров упрочнения необходимость учитывать закономерности фильтрационных и деформационных свойств массива [8].

В работе [9] предлагается применение интегрированных в массив систем комбинированного крепления горных выработок, обладающих эффектом консолидации [лат. *consolidatio*, от *con* (*cum*) – вместе, заодно и *solido* – уплотняю, укрепляю, сращиваю]. При этом максимальный эффект консолидации приконтурного массива горных пород с технической точки зрения может быть достигнут при применении, например, инъекционного упрочнения в сочетании с анкерной крепью.

Оценить возможность эффективного использования упрочнения, обеспечивающего устойчивость выработки, представляется возможным в процессе многовариантного численного моделирования на ЭВМ [10], результаты которого легли в основу методики графического определения толщины упрочненной оболочки пород для наиболее распространенных горно-геологических условий.

#### *Изоляция горного массива от выветривания, окисления, разрушения, самовозгорания*

В Кузбассе имеется опыт применения на угольных шахтах полимерного покрытия «Текфлекс». Так, с целью профилактики самовозгорания угля была проведена обработка бочков и кровли подготовительных выработок на некоторых шахтах. Для предотвращения просочивания воздуха и уплотнения изолирующих перемычек материал «Текфлекс» успешно применялся на шахтах «Большевик», «Польсаевская» и «Комсомолец».

Дальнейшее развитие полимерных технологий связано с решением задач в следующих направлениях:

- поиск новых и модернизация существующих инъекционных составов, более экономичных, экологичных и эффективных;
- оптимизация параметров технологии инъекционного упрочнения;
- улучшение существующего и разработка нового оборудования;

- совершенствование органоминеральных составов для стабилизации угольных массивов методом смолоинъекции;

- разработка технологии по химическому упрочнению целиков угля с целью изолирования источников газовой выделенности и водопритоков в действующие выработки;

- разработка методики оценки состояния пород в зависимости от специфики решаемой задачи и обоснование выбора полимерных технологий в различных горнотехнических условиях;

- изучение влияния параметров трещиноватости массива горных пород на радиус распространения в нем упрочняющих составов;

- разработка способов воздействия на массив горных пород по созданию благоприятных условий для распространения полимерных составов в актуальных зонах.

В целом на обработанных полимерными составами участках горных пород существенно повышается безопасность за счет предотвращения возникновения вывалов пород и угля, что значительно снижает травматизм в выработках и обеспечивает ритмичную, стабильную и прибыльную работу угольного предприятия.

**Выводы.** Обозначена актуальность использования полимерных технологий на угольных шахтах Кузбасса. Перечислены направления применения полимерных технологий в настоящее время: упрочнение горного массива, предотвращение вывалов и отжимов горных пород, крепление горных выработок, изоляция горного массива от самовозгорания, аэроизоляция и тампонаж горных выработок, заполнение куполов и пустот, гидроизоляция. Рассмотрена сущность упрочнения горного массива упрочняющими составами, из которых широкое распространение получили полиуретановые и органоминеральные (силикатные) смолы. Поставлены задачи для совершенствования применяемых полимерных технологий на угольных шахтах.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А й к х о ф ф Ю. Техника и технология анкерного крепления в системе штрековой крепи // Глюкауф. 2008. № 2 (3). С. 28 – 35.
2. Р и б С.В., Б о р з ы х Д.М., Н и к и т и н а А.М. Обоснование параметров анкерного крепления горных выработок, проводимых по 1-му слою пласта III в условиях дизъюнктивных и пликтивных нарушений с дробленными и обводненными породами в условиях ОАО «Шахта «Сибиргинская» // Вестник СибГИУ. 2013. С. 62 – 67.

3. Калинин А.Р. Эффективность использования метода математического моделирования при определении рациональных параметров инъекционного упрочнения неустойчивого горного массива // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. № 8. С. 25 – 27.
4. Ануфриев В.Е., Барковский В.В., Власенко Б.В., Харитонов В.Г., Цыцаркин В.Н. Исследования свойств новых типов анкеров для упрочнения приконтурного массива горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2003. № 1. С. 110 – 116.
5. Хямляйнен В.А., Бурков Ю.В., Сыркин П.С. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок. – М.: Недра, 1996, – 400 с.
6. Чубриков А.В., Марков А.С., Хрипков В.В. Технология упрочнения зон нарушения полимерной смолой для сохранения высоких нагрузок на очистной забой // Уголь. 2005. № 5. С. 44 – 49.
7. Дыскин А.И., Риб С.В., Никитина А.М., Любогощев В.И. Разработка способа перехода разрывного нарушения комплексно-механизированным забоем в условиях ООО «Шахта «Алардинская». – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научн. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общ. ред. М.В. Темлянцева. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 29 – 31.
8. Клишин Н.К., Склепович К.З. Геомеханические основы упрочнения горных пород на сопряжениях лав с выработками // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 4. С. 188 – 190.
9. Майоров А.Е. Упрочнение и напряженное армирование приконтурного массива горных пород при проходке горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 3. С. 326 – 331.
10. Бурков Ю.В. Совершенствование методики определения основных параметров инъекционного упрочнения породных массивов // Вестник Кузбасского гос. техн. ун-та. 2012. № 4 (92). С. 40 – 42.

© 2016 г. А.В. Чубриков, С.В. Риб  
Поступила 01 июня 2016 г.

УДК 622.831

*В.О. Шеховцова*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ОТРАБОТКИ СЛЕПЫХ СБЛИЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Основная часть разведанных запасов перспективных железорудных месторождений Горной Шории представлена слепыми рудными залежами, которые в большинстве случаев являются сближенными. При их отработке происходит активизация процессов сдвижения подработанных пород и возникают зоны опасных сдвижений при взаимном влиянии выработанных пространств.

Отработка слепых рудных тел, в основном, ведется высокопроизводительными системами разработки с принудительным обрушением руды и вмещающих пород. Если слепые рудные залежи залегают на небольшой глубине от

земной поверхности или налегающие породы неустойчивые, то полное их самообрушение происходит в естественных условиях.

Однако разработка слепых залежей в устойчивых породах или на больших глубинах связана со сложностью управления горным давлением вследствие зависания пород кровли над пустотами значительных объемов после выпуска руды. Такая ситуация возникает при устойчивых, не склонных к самообрушению породах в пределах свода естественного равновесия. В этом случае состояние горного массива и земной поверхности является опасным, так как создается угроза промышленной и эко-

логической безопасности из-за внезапного обрушения подработанных горных пород и земной поверхности [1].

В этой связи разработка технологических решений для управления процессами деформирования подработанных вмещающих пород и обеспечения эффективной и безопасной отработки сближенных слепых железорудных залежей на больших глубинах и в устойчивых породах остается актуальной научно-практической задачей.

Определяющими группами факторов, обуславливающих возникновение опасных динамических явлений, являются природные и техногенные составляющие [2]. К природным относят наличие скальных разномодульных пород, способных накапливать потенциальную энергию упругого сжатия, неоднородности полей напряжений и деформационных процессов в массиве. Техногенную группу составляют факторы, характеризующие конструктивные параметры систем разработки, технологию выемки и организацию работ.

Одним из управляемых горно-технологических факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние геомассива, являются порядок и направление отработки блоков и этажей [3 – 6].

В настоящей работе объектом для исследования влияния порядка отработки этажей является геомассив с двумя слепыми рудными телами, разделенными породным прослоем.

Для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) массива в качестве базового принят численный метод конечных элементов (МКЭ) [7].

Для адаптации алгоритма и программного обеспечения метода конечных элементов к модели массива и последующего расчета параметров напряженно-деформированного состояния в опасных зонах в естественных массивах была использована двухмерная геометрическая модель размером по горизонтальной оси  $OX$  968 м, а по вертикальной оси  $OY$  465 м. Модель включает слепые сближенные рудные залежи и породные слои с различными физико-механическими характеристиками. В зависимости от требуемой точности результатов количество слоев может быть в пределах 2 – 100, а их мощность 0,05 – 100 м (рис. 1).

Методом конечных элементов проведено моделирование напряженно-деформированного состояния массива при различных вариантах схем отработки слепых сближенных рудных тел – параллельной и последовательной выемке запасов руды в этажах. При параллельном порядке предусматривается одновременная поэтажная отработка двух сближенных залежей (рис. 1, а). При последовательной схеме отработка ведется в два этапа – поэтажная отработка одной залежи, затем поэтажная отработка второй (рис. 1, б).

По результатам моделирования определены дополнительные горизонтальные и вертикальные смещения вершин конечных элементов; дополнительные горизонтальные и вертикальные деформации породы в конечных элементах и дополнительные горизонтальные и вертикальные напряжения в конечных элементах (рис. 2) (ввиду большого объема полученных в результате моделирования данных представлены изолинии распределения деформаций, напряжений и смещений в горном массиве

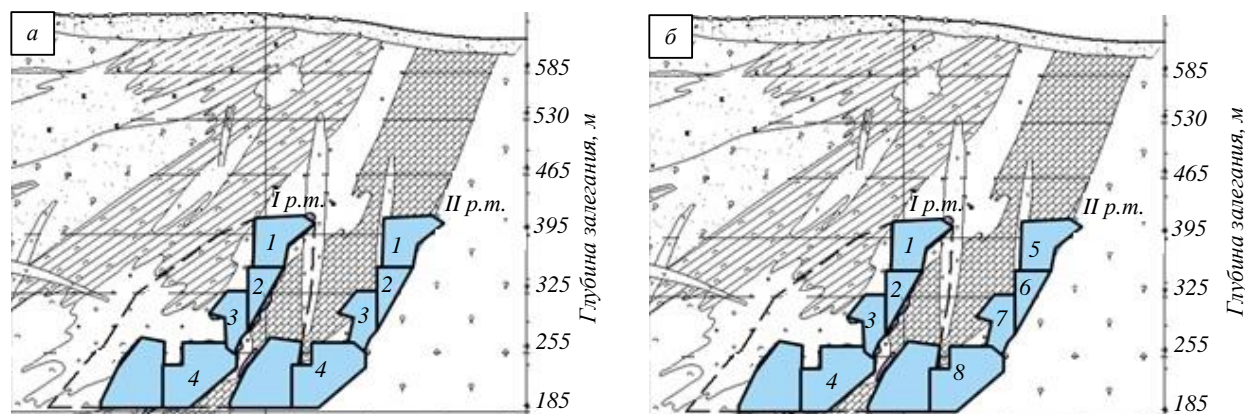


Рис. 1. Варианты порядка отработки слепых сближенных рудных залежей при параллельном (а) и последовательном (б) направлении отработки:

1 – 8 – номер порядка отработки блоков в этажах

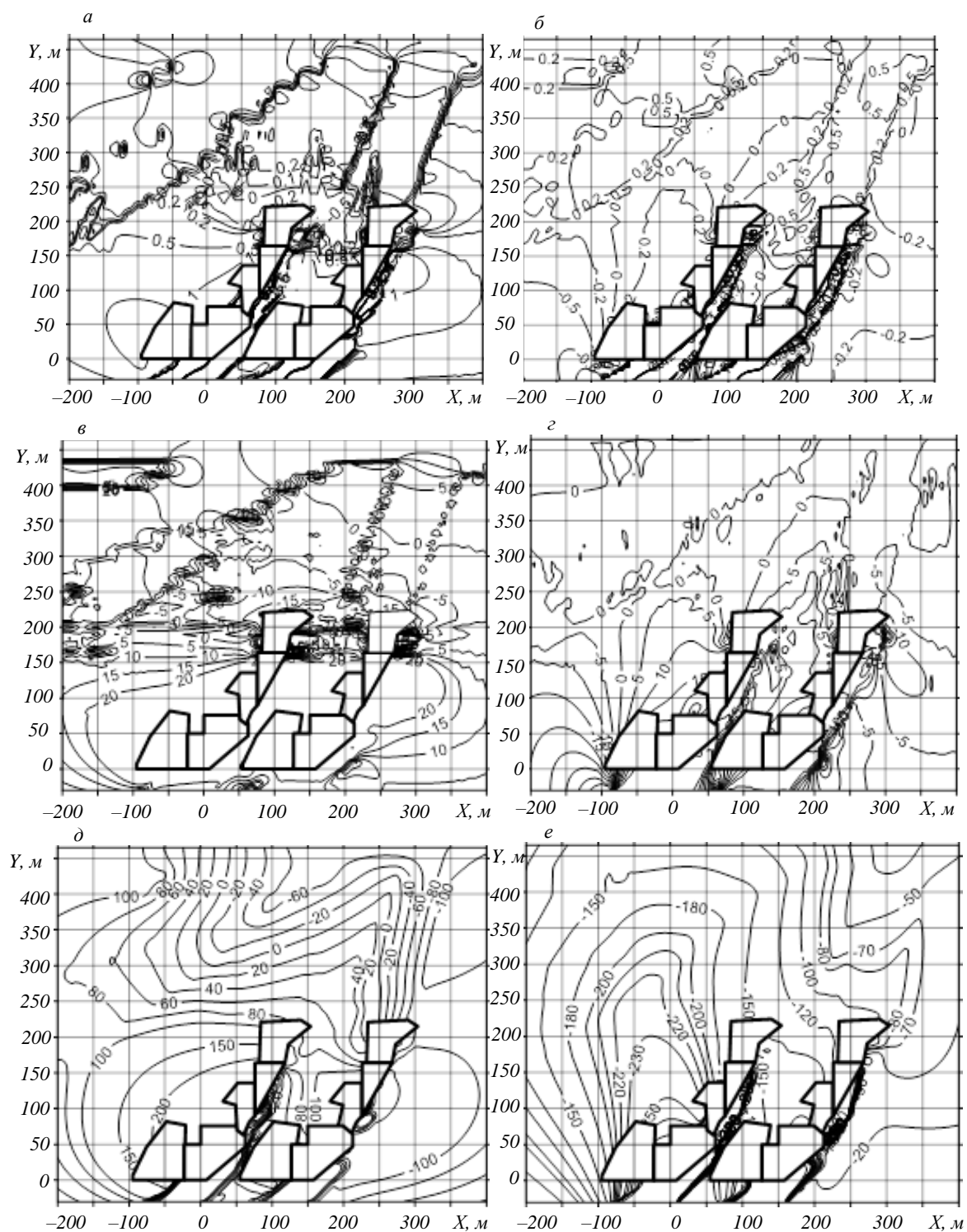


Рис. 2. Изолинии распределения деформаций, напряжений и смещений в горном массиве под влиянием выработок: а и б – горизонтальные и вертикальные деформации; в и г – горизонтальные и вертикальные напряжения, МПа; д и е – горизонтальные и вертикальные смещения, мм

под влиянием выработок на момент полной отработки двух слепых сближенных залежей).

Количественные значения исследуемых дополнительных горизонтальных и вертикальных деформаций, напряжений и смещений в целике между слепыми сближенными рудными залежами представлены на рис. 3 – 5 соответственно.

На основе проведенных исследований и анализе результатов установлено, что горизонтальные деформации в целике при последовательной отработке второй слепой сближенной залежи увеличиваются на момент отработки вышележащего этажа в 1,6 раза, далее при отработке нижележащих этажей горизонтальные деформации равнозначны деформациям при



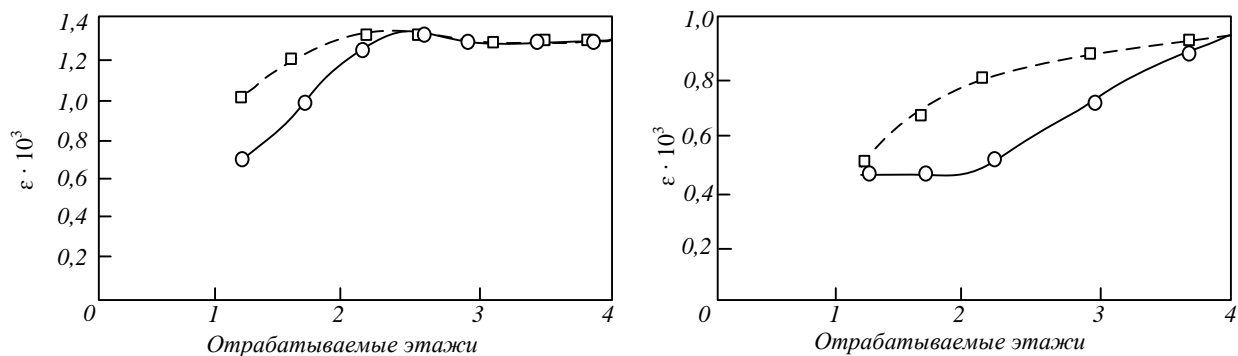


Рис. 3. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) дополнительные деформации (ε) в целике при параллельной (—) и последовательной (----) отработке

параллельном варианте отработки. Вертикальные деформации в 1,7 раза больше в случае последовательной выемки запасов. Выявлено, что горизонтальные напряжения в целике при параллельной схеме отработки первого этажа меньше в два раза, чем при использовании последовательной схемы. При отработке третьего этажа при использовании параллельной схемы вертикальные напряжения также уменьшаются в 1,6 раза. Установлено, что горизонтальные и вертикальные смещения в 3,6 и в 1,5 раза меньше при параллельной схеме выемки запасов.

Это свидетельствует о том, что для снижения деформаций, напряжений и смещений в массиве между сближенными слепыми рудными залежами благоприятен вариант технологии, при котором объемы выработанных пространств между целиком равномерно увеличиваются с понижением уровня ведения горных работ. Таким образом, рекомендуемой технологией является параллельная схема отработки залежей.

**Выводы.** Методом конечных элементов исследовано напряженно-деформированное состояние геомассива при различных вариантах отработки слепых сближенных рудных зале-

жей – параллельной и последовательной выемке запасов руды в этажах. Определены дополнительные горизонтальные и вертикальные деформации, напряжения и смещения; установлены закономерности распределения параметров НДС в целике между слепыми сближенными рудными залежами при различном порядке этажной отработки.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шеховцова В.О. Исследование характера распределения напряженно-деформированного состояния горнорудного массива в окрестностях отрабатываемых сближенных слепых залежей на железорудных месторождениях Алтаеаянской складчатости // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 4. С. 73 – 80.
2. Еременко В.А., Еременко А.А., Колтышев В.Н., Карпунин А.Н., Штирц В.А. Исследование влияния порядка отработки блоков на распределение зон концентрации динамических явлений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. Т. 9. № 12. С. 172 – 181.

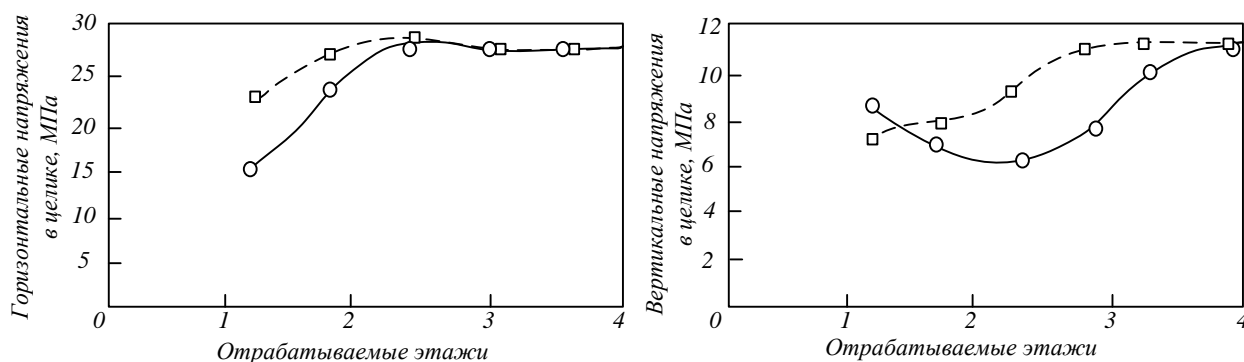


Рис. 4. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) дополнительные напряжения в целике при параллельной (—) и последовательной (----) отработке

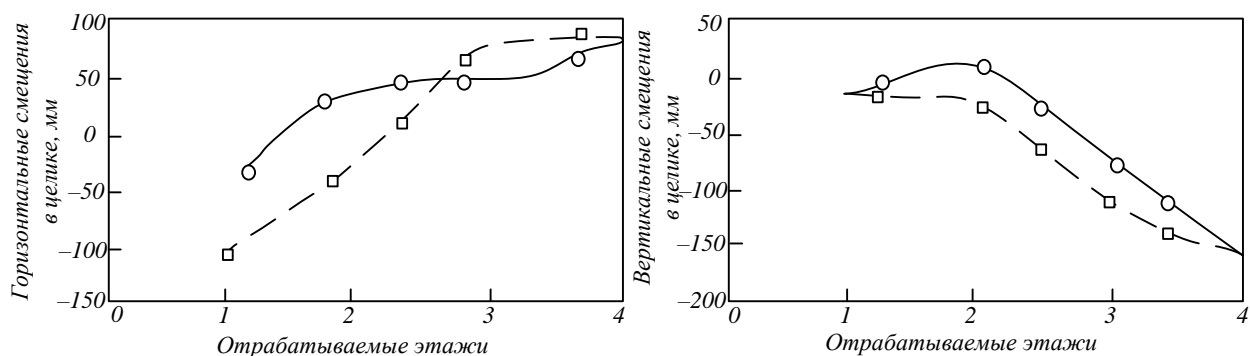


Рис. 5. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) дополнительные смещения в целике при параллельной (—) и последовательной (----) отработке

3. Еременко А.А., Гахова Л.Н., Еременко В.А. Влияние порядка отработки рудных залежей и технологических блоков на напряженно-деформированное состояние вмещающего массива в условиях полиметаллического месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 8. С. 5 – 16.
4. Еременко А.А., Еременко В.А., Гахова Л.Н., Ерусланов А.П., Смелик А.С., Прохватиллов С.А. Оценка геомеханического состояния массива горных пород при отработке участков в охранных целиках // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 7. С. 126 – 131.
5. Башков В.И., Еременко А.А., Еременко В.А., Котляров А.А. Оценка

НДС массива горных пород при отработке блоков в сближенных рудных телах Абаканского месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 8. С. 5 – 8.

6. Шапошник Ю.Н. Разработка геомеханической модели массива Секисовского золоторудного месторождения // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2015. № 2. С. 181 – 186.
7. Макаров А.Б. Практическая геомеханика. Пособие для горных инженеров. – М.: Горная книга, 2006. – 391 с.

© 2016 г. В.О. Шеховцова  
Поступила 01 июня 2016 г.

*Т.Н. Осколкова*

Сибирский государственный индустриальный университет

## КАРБИДОВОЛЬФРАМОВЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ\*

Развитие машиностроения, горнодобывающей и деревообрабатывающей промышленности в нашей стране в условиях импортозамещения связано, в том числе, и с применением спеченных карбидовольфрамowych твердых сплавов, которые широко используют в качестве инструментальных материалов [1].

Сплавы WC – Co – наиболее прочные из известных спеченных твердых сплавов, но не всегда удовлетворяют требованиям по эксплуатационной стойкости. В общей массе амортизированного инструмента износ и поломки твердосплавных элементов составляют 80 %, поэтому одним из перспективных направлений совершенствования свойств твердых сплавов является разработка технологий, обеспечивающих повышение износостойкости при сохранении вязкости [2 – 4]. Именно сочетание таких свойств обеспечивает долговечность любого инструмента, воспринимающего нагрузки высокой интенсивности при механической обработке, штамповке, бурении горных пород и т.д.

Большой резерв повышения износостойкости и эксплуатационной стойкости твердосплавных изделий заключается в применении поверхностных методов упрочнения с использованием различных покрытий, обработки поверхности импульсным лазерным лучом, модифицирования поверхности твердого сплава мощными ионными пучками и т.д. Значительный объем результатов теоретических и экспериментальных исследований при таких обработках получен и в наибольшей степени описан в трудах отечественных и зарубежных специалистов [5 – 8].

Стремление интенсифицировать процесс получения упрочненных слоев-покрытий, повысить их чистоту и адгезию к подложкам привело к применению импульсных плазменных ускорителей. При импульсно-плазменном нанесении покрытий используют более плотные потоки плазмы, чем при ионно-плазменном распылении. Создавая такие потоки, можно на несколько порядков увеличить

скорость осаждения частиц, следовательно, и производительность процесса.

Проведенный анализ состояния проблемы повышения эксплуатационных свойств карбидовольфрамowych твердых сплавов позволяет заключить, что недостаточно изученным остается вопрос изменения структуры и свойств поверхностных слоев твердых сплавов группы ВК при импульсном плазменном воздействии. Получение новых представлений об этом процессе является целью настоящей работы и позволит прогнозировать механические свойства твердых сплавов.

Один из способов импульсного плазменного воздействия является электровзрывное легирование (ЭВЛ). Сущность процесса получения покрытия таким способом заключается в следующем: работа плазменного ускорителя для данной обработки основана на накоплении энергии батареей импульсных конденсаторов до 10 кДж и ее последующем разряде в течение 100 мкс через проводник, испытывающий при этом взрывное разрушение. Этот способ включает нагрев поверхности и насыщение ее продуктами взрыва с последующей самозакалкой путем отвода тепла в глубь материала и окружающую среду. Инструментом теплового воздействия на поверхность и источником легирующих элементов при ЭВЛ является импульсная многофазная плазменная струя, которая формируется из материала взрываемого проводника, закрепленного на коаксиально-торцевых электродах плазменного ускорителя. Область взрыва локализована конической разрядной камерой, переходящей в цилиндрическое сопло, через которое продукты взрыва истекали в вакуумную технологическую камеру установки с остаточным давлением 100 Па. В процессе формирования струи конденсированные компоненты продуктов взрыва отстают от плазменного, в результате чего формируется структура струи с быстрым высокоэнергетическим плазменным фронтом, постепенно переходящим в относительно медленный гетерогенный тыл.

В работе в качестве взрываемого проводника применялся титан (в виде титановой фольги толщиной 25 мкм из сплава ВТ1-00). На осно-

\* Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки РФ № 11.153.2014/К.

вании литературных данных [1, 9, 10] установлено, что основным наносимым покрытием толщиной от 3 до 20 мкм на карбидовольфрамовые твердые сплавы является карбид титана. Эти покрытия дают увеличение стойкости твердосплавных пластин по сравнению с пластинами без них в 4 – 5 раз, поэтому, взрывая титановую фольгу в качестве проводника при ЭВЛ, можно ожидать формирования на поверхности карбидовольфрамовых твердых сплавов карбидов титана TiC в силу большого сродства титана с углеродом. Эти карбиды являются важными фазами сверхтвердых материалов для обработки металлов, поскольку обладают высокими энергией связи решетки, температурой плавления и твердостью. Твердые сплавы группы ТК, содержащие карбид титана, широко используются при резании стали с высокими скоростями, сопровождающимися высокими температурами резания. При более высокой температуре карбидовольфрамовый инструмент изнашивается из-за адгезии между режущим и обрабатываемым материалом. Карбид титана по сравнению с карбидом вольфрама отличается низкой растворимостью в кобальте и железе. Карбид титана в меньшей степени склонен к диффузии и поэтому даже при высоких температурах затрудняется его сваривание со стальной движущейся стружкой. В этой связи формирование на поверхности карбидовольфрамовых твердых сплавов карбидов титана TiC – основы твердых сплавов группы ТК – позволит повысить скорость резания при механической обработке.

Возможности упрочнения поверхности твердых сплавов группы ВК от электровзрыва проводников могут быть увеличены путем размещения в область взрыва порошков тугоплавких соединений (карбидов, силицидов, боридов и т.д.), которые переносятся плазменной струей на облучаемую поверхность. В этой связи в рамках настоящей работы было проведено дополнительное упрочнение поверхностного слоя твердого сплава ВК10КС за счет размещения к проводнику в область взрыва порошка бора. Использовался порошок аморфного бора марки А, размеры частиц которого составляли 5 мкм. Масса порошка аморфного бора выбиралась из расчета 60 мг на 15 см<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности.

Выбор бора основывается на том, что он образует высокотемпературные бориды с высокими значениями твердости. В работе [9] показано увеличение в 12,7 раз стойкости твердосплавных пластин с покрытиями на основе бора при резании

сталей марок 20, У8А, ШХ15, 40Х. В работах [7, 8, 11] на основании исследований, проведенных на твердом сплаве WC – 20 % Co, авторами показано, что большое количество активных атомов бора, выделяющихся из содержащего бор агента (B<sub>4</sub>C), размещенного на поверхности чистой заготовки, диффундирует в Co-фазу заготовки и приводит к образованию содержащего бор соединения W<sub>2</sub>Co<sub>21</sub>B<sub>6</sub> в дополнение к образованию содержащих бор соединений на поверхности заготовки. Все это приводит к повышению твердости и прочностных свойств сплава.

Облучение поверхности твердого сплава с учетом результатов работы [12] проводилось в высокоэнергетическом режиме при интенсивности воздействия 6,0 ГВт/м<sup>2</sup> (диаметр внутреннего электрода  $d = 15$  мм; диаметр канала сопла  $d_0 = 10$  мм; расстояние облучаемой поверхности от среза сопла  $x = 20$  мм; величина зарядного напряжения  $U = 2,3$  кэВ). Такой режим обеспечивал оплавление поверхности и интенсивное конвективное перемешивание расплава из-за неоднородного давления, оказываемого плазменной струей на облучаемую поверхность.

Сканирующая электронная микроскопия поперечного шлифа твердосплавной пластины из сплава ВК10КС показала (рис. 1), что при обработке электровзрывом титановой фольги с бором образуется упрочненный плохо травящийся поверхностный слой толщиной 10 мкм с химическим составом 4,65 % В, 16,35 % Ti, 74,9 % W, 4,1 % С, плавно переходящий в основу без образования микротрещин. В связи с

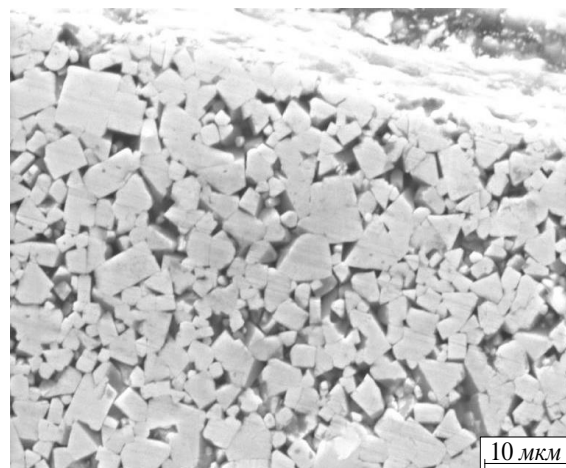


Рис. 1. Микроструктура сплава ВК10КС после электровзрывного легирования титаном и бором

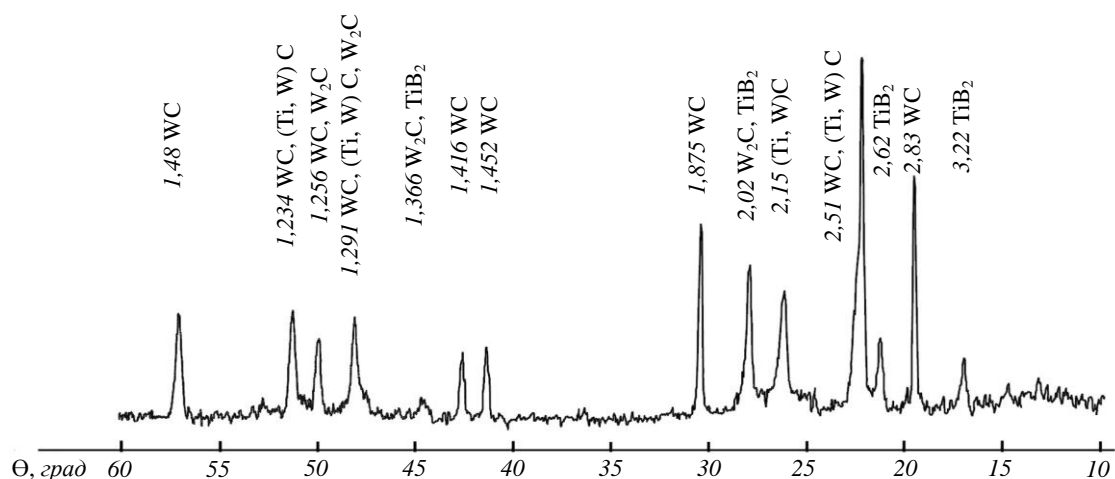


Рис. 2. Фрагмент дифрактограммы сплава BK10KC после электровзрывного легирования титана с бором

трудностью определения количественного содержания бора на обработанной поверхности методами растровой электронной микроскопии и Оже-электронной спектроскопии (Оже-спектры бора и вольфрама совпадают) в настоящей работе наличие бора определяли с помощью кварцевого спектрографа ИСП-30. Экспозиции снимали на репродукционные штриховые фотопластинки ПФРШ-0,1.

Рентгенографические исследования показали, что обработка поверхности сплава BK10KC с использованием электровзрыва титановой фольги с бором (рис. 2) приводит к кристаллизации в поверхностном слое карбида вольфрама  $W_2C$  (20 %), карбида  $(Ti, W)C$  (30 %) и бориды титана  $TiB_2$  (15 %), а также карбида вольфрама  $WC$  (35 %). Вновь образующиеся бориды и карбиды характеризуются более высокой твердостью, чем карбид вольфрама  $WC$  [13].

Растровой электронной микроскопией установлено дополнительное легирование кобальтовой связующей в приповерхностном слое вольфрамом в количестве 26,2 % (по сравнению с исходным содержанием 10,37 %), а также титаном в количестве 0,18 %. Согласно данным работы [1] концентрация вольфрама в кобальте примерно в 30 раз превышает концентрацию титана, что не противоречит данным диаграммы  $Co - Ti$  [14]. Идентифицировать углерод и бор с помощью растровой электронной микроскопии не представляется возможным, поскольку они являются легкими элементами, хотя очевидно, что углерод и бор диффундируют в кобальтовую связующую.

Авторами работ [7, 8, 11], проводившими борирование твердого сплава  $WC - 20\% Co$ , показано, что помимо формирований, содержащих соединений бора на поверхности сплава, большое количество активных атомов бора диффундирует в  $Co$ -

фазу и приводит к образованию соединения  $W_2Co_{21}B_6$ .

Согласно данным работы [15] с повышением содержания легирующих элементов в кобальтовой связке растет ее твердость, а также увеличиваются предел прочности при растяжении и предел текучести. По мнению авторов работы [1] борсодержащие фазы, образующиеся в твердых сплавах после борирования, позволяют сохранять устойчивость этих сплавов в течение длительной эксплуатации при повышенных температурах.

Наноиндентирование твердого сплава BK10KC после импульсной плазменной обработки показало увеличение поверхностной твердости, измеренной со стороны облученной поверхности, до 27500 МПа. Высокие значения нанотвердости при электровзрыве титановой фольги с бором связано с формированием  $TiB_2$ ,  $W_2C$ ,  $(Ti, W)C$ . При этом полученные значения этого показателя превосходят нанотвердость образцов в исходном состоянии в 3,0 раза.

Трибологические испытания образцов после электровзрывного легирования проводили с помощью высокотемпературного трибометра «PC-Operated High Temperature Tribometer» при комнатной температуре. Износ образцов определяли путем измерения глубины и площади трека после испытаний, образованного в результате действия неподвижного алмазного индентора на вращающийся образец при нагрузке 3 Н, числе оборотов 4000, линейной скорости движения 2,5 см/с. Для сравнения аналогичные испытания проводили на исходных образцах при таких же параметрах.

Глубина трека износа исходного образца BK10KC составляет 58 мкм, а после импульсной обработки титаном с бором – 2,42 мкм.

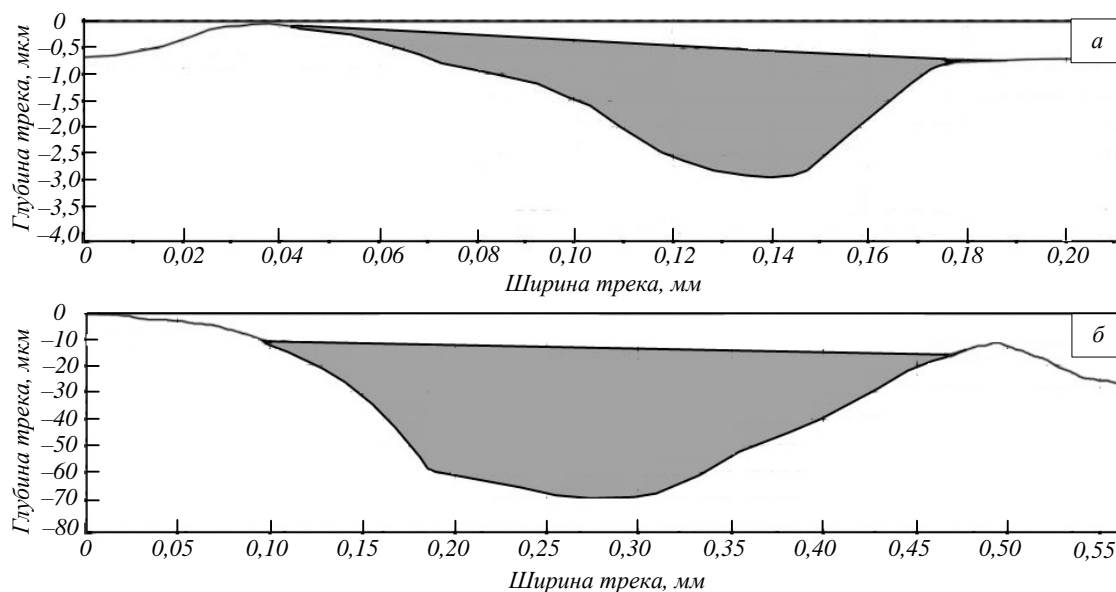


Рис. 3. Профиль и площадь (выделена) трека износа сплава ВК10КС:  
 а – после электровзрывного легирования титана с бором;  
 б – после спекания (исходный образец)

Площадь трека у исходного образца составляет  $12921 \text{ мкм}^2$ , а после электровзрывного легирования бором совместно с титановой фольгой –  $155 \text{ мкм}^2$  (рис. 3).

Коэффициент трения ( $\mu$ ) на стадии приработки образцов, обработанных электровзрывом бора с титаном, устанавливается на значении 0,1 по сравнению с коэффициентом трения образца в исходном состоянии  $\mu = 0,41$  (рис. 4).

**Выводы.** Экспериментально установлено, что обработка твердого сплава ВК10КС электровзрывом титановой фольги с бором в высокоэнергетическом режиме приводит к формированию упрочненного слоя нанотвердостью 27500 МПа толщиной 10 мкм с образованием высокотвердых карбидов (Ti, W)C, W<sub>2</sub>C и борида TiB<sub>2</sub>. С увеличением поверхностной твердости возрастает износостойкость и уменьшается коэффициент трения до значений 0,1 по сравнению с исходным 0,41.

*Автор благодарит д.т.н., профессора кафедры физики им. В.М. Финкеля Е.А. Будовских за оказание помощи в проведении эксперимента.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панов В.С., Чувилин А.М., Фальковский В.А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСиС, 2004. – 464 с.

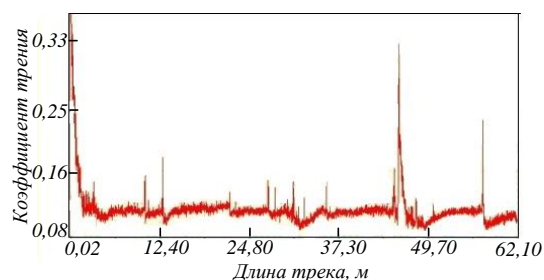


Рис. 4. Фрагмент интерфейса программы для определения коэффициента трения сплава ВК10КС после обработки электровзрывом бора и титана

2. O s k o l k o v a T.N. Wear resistant coating on hard alloy // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 788. P. 281 – 285.
3. O s k o l k o v a T.N. Карбидовольфрамовый твердый сплав с износостойким покрытием // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Том 15, № 4(2). С. 473 – 475.
4. O s k o l k o v a T.N. Improving the wear resistance tungsten-carbide hard alloys // Steel in Translation. 2015. Vol. 45. № 5. P. 318 – 321.
5. Т а р б о к о в В.А., Р е м н ё в Г.Е, К у з н е ц о в П.В. Модифицирование твердосплавных пластин на основе карбида вольфрама мощным импульсным ионным пучком // Физика и химия обработки материалов. 2004. № 3. С. 11 – 17.

6. Тюрин Ю.Н., Кульков С.Н., Колесниченко О.В. и др. Импульсно-плазменное модифицирование поверхности изделия из сплава WC + 20 % Co // Физическая инженерия поверхности. 2009. Т. 7. № 3. С. 262 – 267.
7. Shourong L., Jianmin H., Liang C., Juntong S. Dynamic roentgenophased analysis of hard-facing alloy, WC-Co boronizing with rare-earth metals // Zhongguo xituebao. J. Chin. Rare Earth Soc. 2002. Vol. 20. № 1. P. 26 – 29.
8. Shourong L., Jianmin H., Liang C., Juntong S. Mechanism of hard-facing alloy's WC-Co boronizing with rare-earth metals // Xiyou jinshu cailiao ya gongcheng. Rare Metal. Mater. and Eng. 2003. Vol. 32. № 4. P. 305 – 308.
9. Хижняк В.Г., Долгих В.Ю., Король В.И. и др. Строение и некоторые свойства диффузионных покрытий титана, ванадия, хрома и бора на твёрдых сплавах // Научные вести национ. техн. ун-та Украины «Киевский политехнический институт». 2002. № 1. С. 74 – 79.
10. Верещака А.С., Верещака А.А. Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. 2005. № 9. С. 9 – 18.
11. Shourong L., Jianmin H., Liang C., Juntong S. Phase analysis of cemented carbide WC-Co boronized with yttrium // J. Chin. Rare Earths Soc. 2002. Vol. 40. № 4. P. 287 – 290.
12. Oskolkova T.N., Budovskikh E.A. Pulse plasma treatment of the surface of alloy VK10KS // Metal Science and Heat Treatment. 2012. Vol. 53. № 11-12. P. 608 – 610.
13. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения: Справочник. – М.: Металлургия, 1976. – 560 с.
14. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник в 3-х томах / Под общ. ред. И.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1997. – 1024 с.
15. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. – Киев: Наукова Думка, 1984. – 328 с.

© 2016 г. Т.Н. Осолкова  
Поступила 20 апреля 2016 г.

УДК 621.791:624

**Н.А. Козырев, Ю.В. Бендре, В.Ф. Горюшкин, В.М. Шурупов, О.Е. Козырева**

**Сибирский государственный индустриальный университет**

## **ТЕРМОДИНАМИКА РЕАКЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ WO<sub>3</sub> УГЛЕРОДОМ**

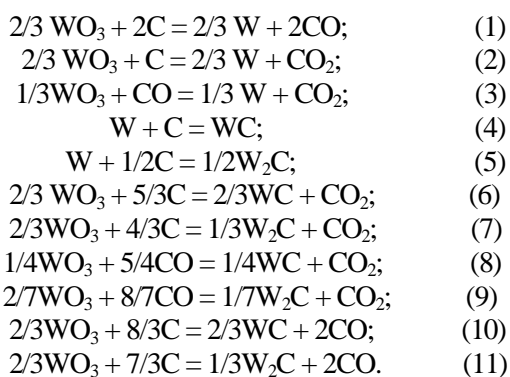
Рациональное использование вольфрама является особенно актуальным в связи с его высокой стоимостью, дефицитностью и большими затратами при получении. Широкое распространение для наплавки сталей, обладающих наивысшей износостойкостью, получили порошковые проволоки с вольфрамом, в которых в качестве наполнителей используется восстановленный вольфрам в виде ферросплавов, лигатур и металлического порошка различной степени чистоты [1]. Кроме того, для придания определенных служебных свойств мож-

но использовать силициды, бориды, карбиды и другие соединения вольфрама. В проволоках используются карбиды вольфрама W<sub>2</sub>C и WC [2].

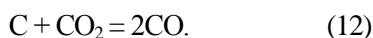
Для практического применения представляет интерес технология наплавки порошковой проволокой, в которой в качестве наполнителя используются оксид вольфрама и углеродсодержащий восстановитель. При этом предположительно при прямом восстановлении возможно как получение вольфрама, так и его карбидов, поскольку восстановительная способность углерода при температурах сварочной дуги значительна.

В настоящей работе проведена термодинамическая оценка вероятности протекания следующих реакций:

\* Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ № 11.1531.2014/к.



Эти реакции условно можно разделить на три группы: реакции косвенного восстановления оксида  $\text{WO}_3$  – (3), (8), (9); реакции соединения вольфрама с углеродом – (4), (5); реакции прямого восстановления – все остальные. Реакции восстановления оксида записывали на 1 моль кислорода  $\text{O}_2$ , а реакции соединения вольфрама с углеродом – на 1 моль вольфрама  $\text{W}$ . Вероятность протекания реакций (4), (5) оценивали по стандартной энергии Гиббса, а вероятность протекания реакций восстановления – по энергии Гиббса реакций, вычисляемой по уравнению изотермы Вант-Гоффа с учетом равновесных парциальных давлений  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$  согласно реакции газификации углерода

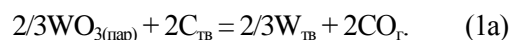


Термодинамические свойства реакции газификации углерода (включая равновесные парциальные давления  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ) в зависимости от температуры рассчитывали отдельно наряду с изучаемыми реакциями. Например, для реакции (3) уравнение изотермы выглядит следующим образом:

$$\Delta_r G_{(3)} = \Delta_r G_{(3)}^\circ + RT \ln \frac{P_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}}}.$$

Необходимые для оценки восстановительных свойств термодинамические характеристики реакций (1) – (11) в стандартных условиях  $[\Delta_r H^\circ(T), \Delta_r S^\circ(T), \Delta_r G^\circ(T)]$  рассчитывали известными методами [3] в интервале температур 1500 – 3500 К по термодинамическим свойствам  $[[H^\circ(T) - H^\circ(298,15 \text{ K})], S^\circ(T), \Delta_r H^\circ(298,15 \text{ K})]$  реагентов  $\text{WO}_3, \text{W}, \text{C}, \text{CO}, \text{CO}_2$  [4]. Термодинамические свойства карбидов  $\text{WC}$  и  $\text{W}_2\text{C}$  в зависимости от температуры в форме таблиц, принятых в справочнике [4], рассчитывали отдельно с использованием необходимых для этого исходных данных из справочников [5, 6]. При этом в качестве стандартных состояний для веществ-реагентов в интервале 1500 – 3500 К были выбраны:  $\text{W}_{(\text{тв})}, \text{WO}_{3(\text{тв.,ж})}$  с фазовым переходом при 1745 К,  $\text{WC}_{(\text{тв})}, \text{W}_2\text{C}_{(\text{тв})}, \text{C}_{(\text{тв})}, \text{CO}_{(\text{г})}, \text{CO}_{2(\text{г})}$ .

Для оценки степени влияния возможного испарения оксида вольфрама  $\text{WO}_3$  рассчитывали термодинамические характеристики реакции, в которой в качестве стандартного для оксида вольфрама выбрано состояние  $\text{WO}_{3(\text{пар})}$ :



Стандартные энергии Гиббса реакций (1) – (11) приведены в табл. 1, а энергии Гиббса реакций, рассчитанные по уравнению изотермы Вант-Гоффа – в табл. 2 и на рисунке. Энергия Гиббса реакций прямого восстановления с образованием одного и того же восстановленного твердого вещества, но разных газов ( $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ ) в изученном интервале температуры совпадают между собой, поскольку термодинамические ха-

Т а б л и ц а 1

Стандартные энергии Гиббса реакций (1) – (11) в зависимости от температуры

Реакция	$\Delta_r G^\circ(T)$ , кДж, при $T$ , К					
	1500	1745	2000	2500	3000	3500
1	-172,23	-251,37	-326,83	-469,26	-607,39	-742,27
1a	-347,58		-449,50	-545,97	-644,87	-746,81
2	-81,04	-118,30	-151,09	-210,61	-267,20	-321,74
3	5,08	7,38	12,32	24,02	36,49	49,40
4	-47,76	-50,92	-54,97	-63,57	-73,34	-83,87
5	-35,11	-40,92	-47,77	-61,80	-76,87	-92,47
6	-112,88	-152,25	-187,74	-252,99	-316,10	-377,65
7	-104,45	-145,59	-182,94	-251,81	-318,45	-383,38
8	14,66	26,07	39,43	66,79	94,08	121,21
9	7,35	13,64	22,02	39,88	57,92	76,00
10	-204,07	-285,31	-363,48	-511,64	-656,29	-798,18
11	-195,64	-278,65	-358,68	-510,46	-658,64	-803,92



## Энергия Гиббса реакций в зависимости от температуры

Реакция	$\Delta_r G(T)$ , кДж, при $T$ , К					
	1500	1745	2000	2500	3000	3500
1, 2	-172,25	-251,37	-326,83	-469,26	-607,39	-742,27
3	-86,12	-125,69	-163,41	-234,63	-303,70	-371,14
6, 10	-204,09	-285,32	-363,48	-511,64	-656,29	-798,18
7, 11	-195,65	-278,65	-358,68	-510,45	-658,64	-803,92
8	-76,53	-106,99	-136,30	-191,87	-246,11	-299,32
9	-83,85	-119,42	-153,72	-218,77	-282,28	-344,54

рактические характеристики газов С, СО, СО<sub>2</sub> связаны равновесием реакции газификации углерода (12).

Наибольшую термодинамическую вероятность имеют процессы прямого восстановления WO<sub>3</sub>, при этом более вероятно образование карбидов W<sub>2</sub>C и WC, затем – вольфрама. Имеется термодинамическая вероятность образования этих же карбидов прямым соединением вольфрама и углерода в стандартных условиях, но она существенно меньше, в том числе и вероятности процессов косвенного восстановления WO<sub>3</sub>.

Сравнение термодинамических характеристик реакций (1) и (1а) показывает, что возможное испарение WO<sub>3</sub> при температурах наплавки увеличивает вероятность процесса восстановления во всех рассматриваемых реакциях.

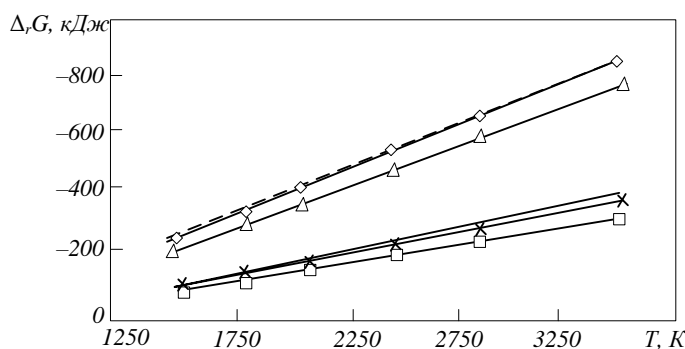
**Выводы.** При постоянном присутствии твердого углерода в составе порошковой проволоки, содержащей оксиды вольфрама, возможно образование карбидов вольфрама непосредственно в процессе наплавки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б.Е. Патона. – М.: Металлургия, 1974. – 768 с.

2. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения. – М.: Металлургия, 1976. – 560 с.
3. Термодинамические свойства индивидуальных веществ. Справочник. Т. 1. Кн. 1 / Под ред. В.П. Глушко, Л.В. Гурвича и др. – М.: Наука, 1978. С. 22.
4. NIST-JANAF Thermochemical Tables 1985. Version 1.0 [Электронный ресурс]: data compiled and evaluated by M.W. Chase, Jr., S.A. Davies, J.R. Dawney, Jr., D.J. Frurip, R.A. McDonald, and A.N. Syvernd. – Режим доступа: <http://kinetics.nist.gov/janaf> (Дата обращения 01 июня 2016 г.).
5. Термические константы веществ. Справочник. Вып. 7 / Под ред. В.П. Глушко, В.А. Медведева и др. – М.: Наука, 1978. – 343 с.
6. Рузинов Л.П., Гуляницкий Б.С. Равновесные превращения металлургических реакций. – М.: Металлургия, 1975. – 416 с.

© 2016 г. Н.А. Козырев,  
Ю.В. Бендре, В.Ф. Горюшкин,  
В.М. Шурупов, О.Е. Козырева  
Поступила 01 июня 2016 г.



Энергии Гиббса реакций (1) – (3), (6) – (11) в зависимости от температуры:  
 –Δ– – реакции (1), (2); — – реакция (3); - - - - - реакции (6), (10); -◇- – реакции (7), (11);  
 -□- – реакция (8); -×- – реакция (9)

УДК 621.785

*Е.В. Полевой<sup>1</sup>, А.Б. Добужская<sup>2</sup>, М.В. Темлянец<sup>3</sup>*<sup>1</sup> АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»<sup>2</sup> ОАО «Уральский институт металлов»<sup>3</sup> Сибирский государственный индустриальный университет**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ  
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО И ОБЪЕМНОТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ РЕЛЬСОВ**

Исследованиями [1 – 7] установлено, что микроструктура рельсовой стали, формирующаяся в процессе термической обработки, предопределяет уровень механических свойств и работоспособность рельсов в процессе эксплуатации, поэтому выявление особенностей изменения микроструктуры при изменении схемы термической обработки является важной научно-практической задачей в обеспечении их качества. В 2012 – 2013 гг. на АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЗСМК) проведена коренная реконструкция рельсового производства, которая включает изменение схемы термической обработки с отказом от технологии объемной закалки рельсов в масле после печного нагрева и внедрение технологии дифференцированной термической обработки воздухом с использованием тепла прокатного нагрева [8 – 10]. В подготовительный период был выполнен большой объем экспериментальных работ на опытной установке, подробно описанной в работах [11 – 14]. Эти эксперименты направлены на выявление оптимального химического состава и определение рациональных режимов термической обработки.

В настоящей работе представлены результаты исследования микроструктуры и свойств металла проб рельсов, закаленных на указанной выше опытной установке воздухом непосредственно после прокатки, а также, в качестве сравнения, результаты исследования микроструктуры объемнозакаленных с печного нагрева рельсов промышленного производства.

Исследование проводили на образцах, вырезанных из рельсов типа Р65 из стали марки Э76Ф и Э76ХФ после объемной и дифференцированной закалки соответственно. Содержание основных химических элементов в металле опытных рельсов представлено в табл. 1. По содержанию химических элементов металл пробы 1 соответствует требованиям ГОСТ Р 51685 – 2000 для стали марки Э76Ф, металл пробы 2 соответствует требованиям ГОСТ Р 51685 – 2013 для стали марки Э76ХФ.

Металл пробы 2, предназначенный для дифференцированной термической обработки, отличается более высоким содержанием хрома, что обусловлено более низкой охлаждающей способностью закалочной среды (воздуха) относительно масла, применяемого для производства рельсов категории качества Т1.

Т а б л и ц а 1

**Химический состав металла опытных рельсов**

Проба	Способ термоупрочнения	Содержание, %, химических элементов								
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	V
1	Объемная закалка в масле с повторного нагрева	0,76	0,88	0,32	0,014	0,011	0,08	0,07	0,12	0,04
	Требования ГОСТ Р 51685 – 2000 для стали марки Э76Ф	0,71 – 0,82	0,75 – 1,15	0,25 – 0,60	≤0,025	≤0,025	≤0,20	≤0,20	≤0,20	0,03 – 0,15
2	Дифференцированная закалка воздухом с прокатного нагрева	0,79	0,78	0,55	0,014	0,015	0,46	0,08	0,14	0,07
	Требования ГОСТ Р 51685 – 2013 для марки Э76ХФ	0,71 – 0,82	0,75 – 1,25	0,25 – 0,60	≤0,020	≤0,020	0,20 – 0,80	≤0,20	≤0,20	0,03 – 0,15

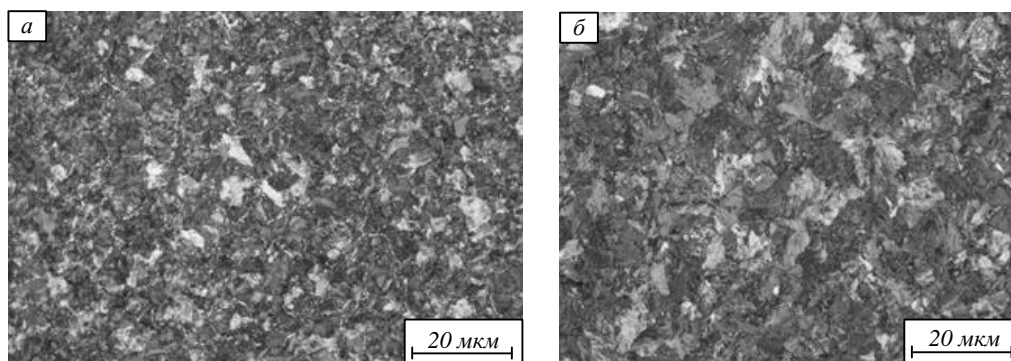


Рис. 1. Микроструктура в головке объемнозакаленных рельсов категории Т1 из стали марки Э76Ф (а) и дифференцированно термоупрочненных рельсов категории ДТ350 из стали марки Э76ХФ (б)

После термической обработки из верхней части головки каждой рельсовой пробы вырезали в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51685 образцы для определения твердости по методу Бринелля на поверхности катания и по сечению головки, испытания на растяжения и ударный изгиб, микрошлифы для контроля микроструктуры. Испытания на твердость проводили по методу Бринелля на твердомере типа ТШ-2М шариком диам. 10 мм при нагрузке 30000 Н (в соответствии с требованиями ГОСТ 9012 – 59).

Механические свойства при растяжении определяли на разрывной испытательной машине ЕУ-40 с усилием в 10 т на разрывных цилиндрических образцах диам. 6 мм и начальной расчетной длиной рабочей части 30 мм, приготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51685 и ГОСТ 1497.

Испытания на ударный изгиб проводили на маятниковом копре МК-15 в соответствии с требованиями ГОСТ 9454 на стандартных образцах размером 10×10×55 мм с U-образным надрезом радиусом 1 мм и глубиной 2 мм при температурах +20 и –60 °С.

Исследования микроструктуры проводили после химического травления в 4 %-ном спиртовом растворе азотной кислоты и электроли-

тического полирования шлифов, вырезанных из верхней части головки рельсов типа Р65 и приготовленных в поперечном направлении в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51685. Микроструктуру исследовали на световом оптическом микроскопе «Olympus GX-71» при увеличениях до 1000 крат, а также методом сканирующей микроскопии на приборе QUANTA-200 Philips при увеличении до 10 000 крат.

Микроструктура металла рельсов при использовании обоих способов термического упрочнения представляет собой перлит (рис. 1, а, б). В структуре рельсов, подвергнутых объемной закалке присутствуют разрозненные участки феррита в виде сетки по границе первичного зерна (рис. 1, а).

Величина зерна дифференцированно термоупрочненных рельсов (рис. 1, б) оценивается номером 6-8, а объемнозакаленных рельсов – номером 10-11 шкалы ГОСТ 5639 – 82. Более мелкое зерно рельсов категории Т1 обусловлено влиянием перекристаллизационного печного нагрева под закалку.

Результаты исследования микроструктуры металла проб 1 и 2 с привлечением средств электронной микроскопии представлены в табл. 2 и на рис. 2 – 5.

Т а б л и ц а 2

### Параметры микроструктуры исследованных образцов

Проба	Межпластинчатое расстояние в перлите, мкм	Величина колоний перлита, мкм	Наличие избыточного феррита	Наличие верхнего бейнита	Наличие нижнего бейнита, мартенсита
1	$0,12 \pm 0,03$ (0,09 – 0,20) $K_{\text{вариации}} = 28 \%$	1 – 10	+	+	—
2	$0,14 \pm 0,06$ (0,09 – 0,35) $K_{\text{вариации}} = 40 \%$	1 – 10	+	—	—

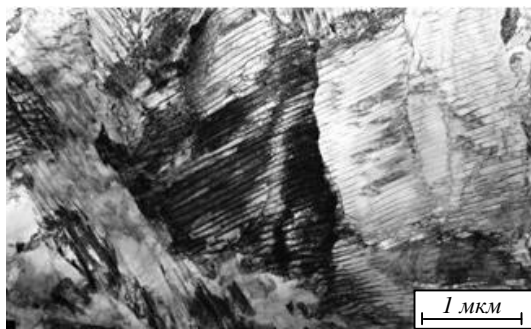


Рис. 2. Регулярные колонии перлита в структуре пробы 1 рельса категории Т1 из стали марки Э76Ф

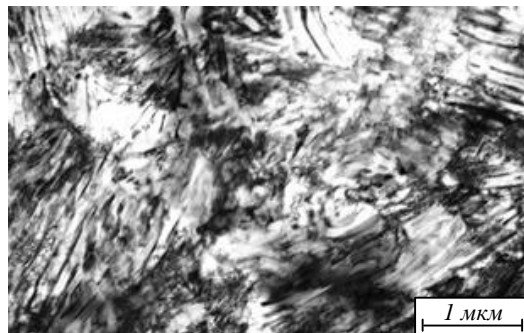


Рис. 3. Вырожденный перлит в структуре пробы 1 рельса категории Т1 из стали марки Э76Ф

Микроструктура пробы 1 рельса, подвергнутого объемной закалке, представляет собой феррито-перлитную смесь, характерную для термоупрочненных рельсов из углеродистой стали. Основная доля перлита – регулярные колонии с правильным чередованием цементитных и ферритных пластинок (рис. 2). Встречаются участки вырожденного перлита, для которого характерно присутствие цементита разнообразных форм и феррита в форме зерен (рис. 3). Вырождение вызвано раздельным ростом феррита и цементита, в противоположность образованию регулярного феррита путем одновременного выделения двух фаз. Избыточный феррит, часто наклепанный (с повышенной плотностью дислокаций), присутствует в виде сетки и отдельных зерен. Толщина ферритной сетки в двух других образцах изменяется в пределах 1 – 2 мкм.

В образце пробы 1 выявлен участок верхнего бейнита: крупные рейки феррита с прослойками цементита по границам реек (рис. 4).

Основная микроструктура образцов пробы 2 – колонии дисперсного пластинчатого перлита со следами деформации (встречаются изогнутые и расколотые пластинки цементита) (рис. 5). Как и в объемнозакаленных рельсах, в рельсах категории ДТ350 наблюдаются участки вырожденного перлита.

Межпластинчатое расстояние в перлите образцов пробы 2 несколько больше и менее од-

нородное (табл. 2). Величина перлитных колоний пробы 2 сопоставима с аналогичной величиной образцов пробы 1 (до 10 мкм).

В образце пробы 2 избыточный феррит присутствует в виде сетки и отдельных зерен, но количество его существенно меньше, чем в рельсах, подвергнутых объемной закалке. По границам феррита отмечены прерывистые выделения цементита.

Различия в микроструктуре рельсов после различных способов термического упрочнения обуславливают различия в свойствах металла. В табл. 3 представлены результаты механических испытаний металла проб 1 и 2. Дифференцированно термоупрочненные рельсы отличаются более низкими значениями ударной вязкости и несколько более высокими значениями твердости на поверхности катания и по сечению головки, а также более низкими значениями твердости в шейке и подошве относительно аналогичных величин объемнозакаленных рельсов.

Более низкие значения ударной вязкости рельсов категории ДТ350 обусловлены более крупным зерном, характерным для металла, термоупрочненного непосредственно после прокатки. Повышение твердости при сопоставимых значениях прочности в дифференцированно термоупрочненных рельсах достигается за счет уменьшения выделений феррита относительно объемнозакаленных рельсов.



Рис. 4. Участок верхнего бейнита в структуре пробы 1 рельса категории Т1 из стали марки Э76Ф



Рис. 5. Микроструктура пробы 2 рельса категории ДТ350 из стали марки Э76ХФ

## Свойства рельсов

Проба	Механические свойства при растяжении				КСУ, Дж/см <sup>2</sup> , при +20 °С	НВ							
						по сечению головки рельса, на расстоянии от поверхности катания					шейка		
	$\sigma_{T,2}$ Н/мм	$\sigma_{B,2}$ Н/мм	$\delta$ , %	$\Psi$ , %		ПКГ	10 мм			22 мкм		1	2
							по центру	по выкружке 1	по выкружке 2				
1	930	1260	11	35	41; 34	370	375	–	–	373	359	366	370
2	910	1300	13	35	19; 21	395	388	385	388	375	341	352	345

За счет применения дифференцированного по сечению охлаждения рельсов категории ДТ350 твердость в шейке и подошве значительно ниже, чем в объемнозакаленных рельсах.

Прочностные и пластические свойства исследуемых рельсов находятся на сопоставимом уровне.

**Выводы.** При сопоставимом уровне прочностных и пластических свойств дифференцированно термоупрочненные рельсы характеризуются более однородной структурой с существенно меньшим количеством избыточного феррита, что при эксплуатации обеспечит их более высокую стойкость к возникновению контактно-усталостных дефектов и, соответственно, более длительный срок их службы. Дифференцированное охлаждение по сечению рельсов обеспечивает низкую твердость в шейке и подошве рельсов. При этом после правки таких рельсов формируется благоприятная эпюра остаточных напряжений, которые, как известно, имеют большое влияние на возникновение и развитие трещин в металле при знакопеременных нагрузках. Вместе с тем объемнозакаленные рельсы отличаются меньшей величиной зерна и, в связи с этим, более высокой ударной вязкостью, что дает им неоспоримое преимущество в районах с холодным климатом относительно рельсов, дифференцированно термоупрочненных с прокатного нагрева. Перспективным направлением для измельчения зерна в железнодорожных рельсах, термоупрочненных с прокатного нагрева, является внедрение способов контролируемой прокатки и разработка новых схем легирования и модифицирования, позволяющих сдерживать рост зерна при нагреве под прокатку или непосредственно в процессе прокатки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Шур Е.А. Влияние структуры на эксплуатационную стойкость рельсов. – В кн.: Сб. научн. тр. Влияние свойств металлической матрицы на эксплуатационную стойкость рельсов. – Екатеринбург: ГНЦ РФ ОАО «УИМ», 2006. С. 37 – 64.
- Шур Е.А. Повреждения рельсов. – М.: Интекст, 2012. – 192 с.
- Добужская А.Б., Галицын Г.А., Сырейщикова В.И. Исследование структуры рельсов с разной стойкостью к образованию контактно-усталостных дефектов. – В кн.: Сб. научн. тр. Влияние свойств металлической матрицы на эксплуатационную стойкость рельсов. – Екатеринбург: ГНЦ РФ ОАО «УИМ», 2006. С. 64 – 81.
- Павлов В.В., Темлянцев М.В., Корнева Л.В., Сюсюкин А.Ю. Перспективные технологии тепловой и термической обработки в производстве рельсов. – М.: Теплотехник, 2007. – 280 с.
- Борц А.И., Заграничек К.Л., Долгих Л.В. Результаты сравнительных испытаний рельсов отечественных и зарубежных производителей на контактно-усталостную выносливость. – В кн.: Сб. научн. тр. Улучшение качества и условий эксплуатации рельсов и рельсовых скреплений. – Екатеринбург: ОАО «УИМ», 2013. С. 113 – 128.
- Павлов В.В., Корнева Л.В., Полевой Е.В. Роль металлической матрицы в образовании контактно-усталостных дефектов в рельсах. – В кн.: Сб. научн. тр. Улучшение качества и условий эксплуатации рельсов и рельсовых скреплений. – Екатеринбург: ОАО «УИМ», 2012. С. 81 – 91.
- Рейхарт В.А. Анализ дефектов рельсов // Путь и путевое хозяйство. 2011. № 4. С. 22 – 25.
- Головатенко А.В. Работа ЕВРАЗ ЗСМК по инновационному развитию рельсовой продукции за счет технического перевооружения и освоения новых техно-

- гий. – В кн.: Сб. научн. докладов. – СПб: ОАО «УИМ», 2015. С. 43 – 47.
9. Полевой Е.В., Волков К.В., Головатенко А.В., Атконова О.П., Юнусов А.М. Совершенствование технологии производства рельсов на ОАО «ЕВРАЗ объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2013. № 4. С. 26 – 28.
10. Полевой Е.В., Волков К.В., Кузнецов Е.П., Головатенко А.В., Атконова О.П., Юнусов А.М. Разработка технологии производства дифференцированно термоупрочненных рельсов на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». – В кн.: Улучшение качества и условий эксплуатации рельсов и рельсовых скреплений: Сб. научн. докладов. – Екатеринбург: ОАО «УИМ», 2014. С. 93 – 101.
11. Волков К.В., Полевой Е.В., Темлянцев М.В., Атконова О.П., Юнусов А.М., Сюсюкин А.Ю. Моделирование воздушоструйной закалки с печного нагрева железнодорожных рельсов // Вестник СибГИУ. 2014. № 3 (9). С. 17 – 23.
12. Полевой Е.В., Темлянцев М.В., Юнусов А.М., Атконова О.П. Опыт воздушоструйной термической обработки головки железнодорожных рельсов типа Р65 стали марки Э76Ф с использованием тепла прокатного нагрева // Вестник СибГИУ. 2015. № 1 (11). С. 5 – 11.
13. Полевой Е.В., Темлянцев М.В. Определение рационального химического состава и режимов термической обработки железнодорожных рельсов стали марки Э76ХФ с использованием тепла прокатного нагрева. – В кн.: Сб. научн. докладов. «Металлургия: технологии, инновации, качество». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 114 – 155.
14. Полевой Е.В., Темлянцев М.В. Совершенствование химического состава и режимов термической обработки рельсов с использованием тепла прокатного нагрева. – В кн.: Сб. научн. докладов. «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. С. 68 – 74.

© 2016 г. Е.В. Полевой,  
А.Д. Добужская, М.В. Темлянцев  
Поступила 03 июня 2016 г.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

УДК 621.01:669.02/.09.002.5

*А.Н. Савельев, С.С. Северьянов, А.В. Савельева*

Сибирский государственный индустриальный университет

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ МНЛЗ КАК СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Непрерывные технологические линии не могут рационально эксплуатироваться, если хотя бы один из входящих в них агрегатов имеет низкую несинхронизированную с остальными агрегатами эксплуатационную надежность. Над повышением таких показателей надежности, как безотказность, долговечность и ремонтпригодность элементов технологических линий эксплуатирующий их персонал работает непрерывно и целенаправленно весь период их существования. К концу срока эксплуатации технологические линии приобретают наиболее устойчивые в условиях тех возможностей, которые создает объективная реальность, эксплуатационные свойства. Важно знать, каких показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности добиваются службы завода к завершающей стадии существования линий как сложных технических систем. Интерес к тому, какими становятся показатели агрегатов к финальной стадии их существования, связан с тем, что каждая технологическая система, являясь после проектирования и изготовления продуктом деятельности одной ограниченной группы людей со своими собственными представлениями об устройстве таких систем, попадает в новые, выработанные в результате долгого эволюционного процесса, социально-природные условия. Ясно, что человек, продуцируя сложные технические системы, стремится как можно точнее учесть тенденции и ограничения этой среды. Однако проблема заключается в том, что человек недостаточно полно владеет основополагающими законами распределения и сочетания элементов в сложных технических системах, в силу чего далеко не все технические изделия получают сразу работоспособными. Выявление характера распределения показателей надежности между агрегатами технологической линии в связи с этим представляет значительный не только практический, но и теоретический интерес.

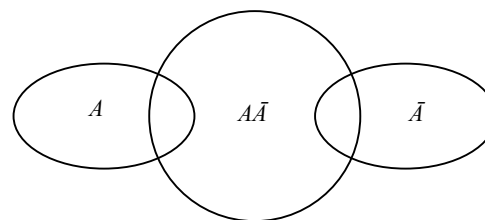


Рис. 1. Разложение одного из уровней сложной технической системы на группы входящих в систему элементов:  
 $A$  – группа элементов с качественным показателем  $A$ ;  
 $\bar{A}$  – группа элементов с показателем качества не  $A$ ;  
 $A\bar{A}$  – группа элементов со средним показателем качества  $A$  – не  $A$

Проанализируем характер распределения срока службы до отказа агрегатов технологической линии машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) фирмы "УЗТМ" после 26 лет ее эксплуатации в условиях ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ЗСМК), оценим возможность использования для описания распределения показателей надежности агрегатов МНЛЗ модели сложных технических систем, разработанные в теории формирования сложных технических систем [1 – 7].

Как известно, анализ начинается с декомпозиции сложной системы. Согласно теории формирования сложных технических систем [1 – 5] процесс декомпозиции реализуется путем многократного разложения элементов того или иного уровня сложности системы по качественному параметру на три составляющие данный уровень группы. Для рассматриваемого уровня сложности первая и третья группа агрегатов содержат противоположные по качественному параметру элементы, а вторая группа включает агрегаты, которые обладают одновременно свойствами агрегатов первой и третьей групп (рис. 1). В результате такого разложения получают три различные по качественному составу группы агрегатов. Каждая из этих групп элементов сама может являться сложной системой, она также может

быть разложена на три составляющие ее подгруппы. Подобных разложений может быть такое количество, которое приводит к уровню сложности, необходимому в каждой конкретной ситуации [2, 3].

Опираясь на такое представление о структуре одного из уровней сложной технической системы и выделяя качество, в результате которого тот или иной вид оборудования используется в данной технологической линии, выполним декомпозицию технологической линии МНЛЗ. Особенностью этой технологической линии является то, что ее агрегаты работают с металлом, который в процессе движения по МНЛЗ находится в различных физических фазах. В связи с этим тот или иной агрегат линии приспособлен выполнять свои функции в различных технологических условиях. Соответственно режимы и характеристики эксплуатации агрегатов различны, со своими особенностями в зависимости от того, к какой группе они относятся. Так, первая группа включает агрегаты, работающие с жидким металлом (рис. 2). Все входящие в эту группу агрегаты обладают качеством обеспечивать технологические операции в температурных условиях, соответствующих температуре жидкого металла, осуществлять необходимое перемещение жидкой среды и, в силу этого, не имеют возможности допускать внеплановых остановок. Третья группа агрегатов работает уже с твердым металлом, испытывает воздействие твердой среды и должна в связи с этим обладать соответствующим набором технических пара-

метров. Качественные показатели второй группы агрегатов, работающих с затвердевающим металлом, должна обладать рядом параметров, соответствующих как первой, так и третьей группе агрегатов. Исходя из вышесказанного, к первой группе агрегатов нужно отнести подъемно-поворотный стенд и промежуточный ковш (рис. 2). Вторая группа агрегатов будет состоять из агрегатов, формирующих твердую заготовку: кристаллизатор с механизмом его качания; секции вторичного охлаждения; установку четырехвалковых клетей; секцию поддерживающих роликов; установку клетей. Третья группа агрегатов включает: секцию тянуще-правильных клетей; рольганг до машины газовой резки (МГР) заготовки; машину газовой резки; рольганг после машины газовой резки; спаренный рольганг; ряд других агрегатов. Выполненная таким образом декомпозиция позволяет не только определить показатели надежности входящих в ту или иную группу агрегатов, но и сравнить эксплуатационные показатели входящих в группу агрегатов между собой, а также сравнить показатели эксплуатационной надежности каждой из групп.

Для определения количественных показателей надежности агрегатов МНЛЗ был собран статистический материал, характеризующий особенности их эксплуатации. Для этого при обработке цеховой документации об отказах технологической линии МНЛЗ сформирована выборка продолжительности службы агрегатов от отказа до отказа за 15 лет эксплуатации

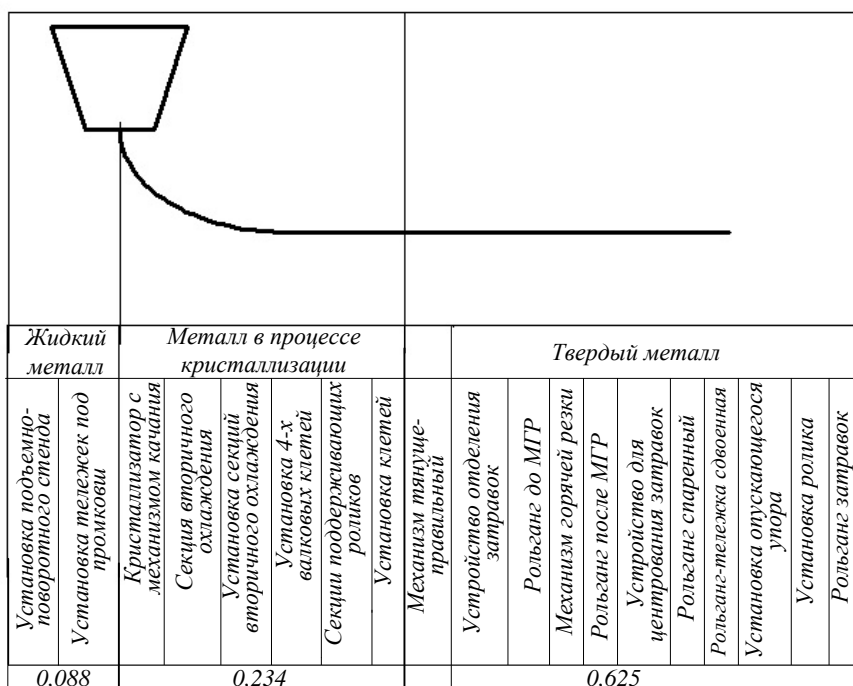


Рис. 2. Последовательность расположения агрегатов в технологической линии МНЛЗ



(2001 – 2015 гг.). При анализе статистического материала о сроках службы каждого из рассматриваемых агрегатов технологической линии получены распределения частоты встречаемости сроков службы, распределение плотности вероятности сроков службы каждого из агрегатов, кривая вероятности отказов агрегатов, математическое ожидание срока службы и дисперсия сроков службы агрегатов. Статистические данные и вероятностные модели по каждому из агрегатов технологической линии, входящие в ту или иную группу агрегатов сложной системы, приведены на рис. 3.

Все приведенные данные (рис. 3) касаются только отдельных агрегатов, а в технологической линии как сложной технической системе все агрегаты по условиям их эксплуатации объединены в группы. Для организации рациональной эксплуатации технологической линии важно знать характеристики надежности каждой из этих групп оборудования. Для того, чтобы можно было использовать полученные вероятностные данные оборудования для формирования режимов эксплуатации каждой из групп агрегатов технологических линий, необходимо обладать моделями характеристик надежности групп агрегатов, входящих в каждую из трех ниш этой технологической линии. Для этого, прежде всего, нужно определиться с качественным параметром этих групп. Известно, что каждый объект технической системы обладает большим количеством свойств. В рассматриваемом случае для технологической линии МНЛЗ способность группы работающих в идентичных условиях агрегатов длительное время выполнять свои функции без отказов является одним из доминирующих свойств, то есть качеством. Следовательно, качественным параметром  $x$  в этом случае является продолжительность ( $t$ ) службы данной группы элементов. Плотность ( $p$ ) вероятности реализации параметра  $x$  несет еще одну смысловую нагрузку: с одной стороны, эта величина является вероятностной характеристикой сроков службы группы агрегатов, а с другой – рассматривается как количественная характеристика качественного параметра  $x$  каждой группы агрегатов. Опираясь на основы формирования сложных технических систем, в работах [4, 7] показано, что в группе (нише)  $A$  (рис. 2) распределение агрегатов по качественному параметру  $x = A$  подчиняется нормальному закону распределения вида

$$P(x) = \begin{cases} \frac{0,023}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} & \text{при } 0 \leq x \leq 0,088; \\ 0 & \text{при } x \geq 0,088, \end{cases}$$

где  $x$  – срок службы в относительных величинах;  $m = 0,044$  – математическое ожидание качественной характеристики агрегатов, входящих в нишу  $A$ ;  $\sigma = 0,015$  – дисперсия.

Плотность распределения качественного параметра оборудования, входящего во вторую нишу (или нишу  $A\bar{A}$ ), отвечает закону Коши вида

$$p(x) = \begin{cases} \frac{k^2}{\pi(1+(x-d)/c)^2} & \text{при } 0,088 \leq x \leq 0,322; \\ 0 & \text{при } x \geq 0,322, \end{cases}$$

где  $d = 0,088$  – сдвиг по оси абсцисс;  $c = 10,6048$  – сжатие кривой плотности вероятности по оси абсцисс;  $k_2 = 0,73$ .

Закон распределения качественного параметра элементов в третьей нише сложной системы представлен в работе [7] в виде распределения Н.М. Смирнова:

$$p(x) = \begin{cases} \frac{a}{\sqrt{2\pi}}(x-s)q e^{f(x-s)q} & \text{при } 0,322 \leq x \leq 0,947; \\ 0 & \text{при } x \geq 0,947, \end{cases}$$

где  $a = 0,190$  и  $q = 4/914$  – коэффициенты, определяющие параметры функции по осям  $x$  и  $y$ ;  $s = 0,322$ .

Возможность использовать рассмотренную модель в качестве модели распределения параметров надежности группы агрегатов технологической линии МНЛЗ оценивали путем ее сравнения со статистическими данными сроков службы агрегатов соответствующих групп  $A$ ,  $\bar{A}$  и  $A\bar{A}$ . Сравнение модели со статистическими данными оценивали по критерию Колмогорова [K]. На рисунке 4, *a* приведены результаты сравнения теоретических и статистических распределений сроков службы всех агрегатов технологической линии МНЛЗ: для первой ниши  $K_A = 0,04764$ , допустимое значение критерия  $[K_A] = 0,29577$ ; для второй ниши  $K_{A\bar{A}} = 0,04998$ ,  $[K_{A\bar{A}}] = 0,39201$ ; для третьей ниши  $K_{\bar{A}} = 0,01721$ ,  $[K_{\bar{A}}] = 0,26588$ . На рис. 4, *б* показана степень совпадения распределения плотности вероятности сроков службы агрегатов, вошедших в первую группу. Критерий совпадения модели со статистическими данными  $K_A = 0,02331$ , что меньше допустимого его значения  $[K_A] = 0,13464$ . Это дает возможность использовать данную модель применительно к описанию первой группы агрегатов МНЛЗ. На рис. 4, *в* приведено сравнение теоретического и статистического распределений сроков службы агрегатов, вошедших во вторую группу сложной технической системы в

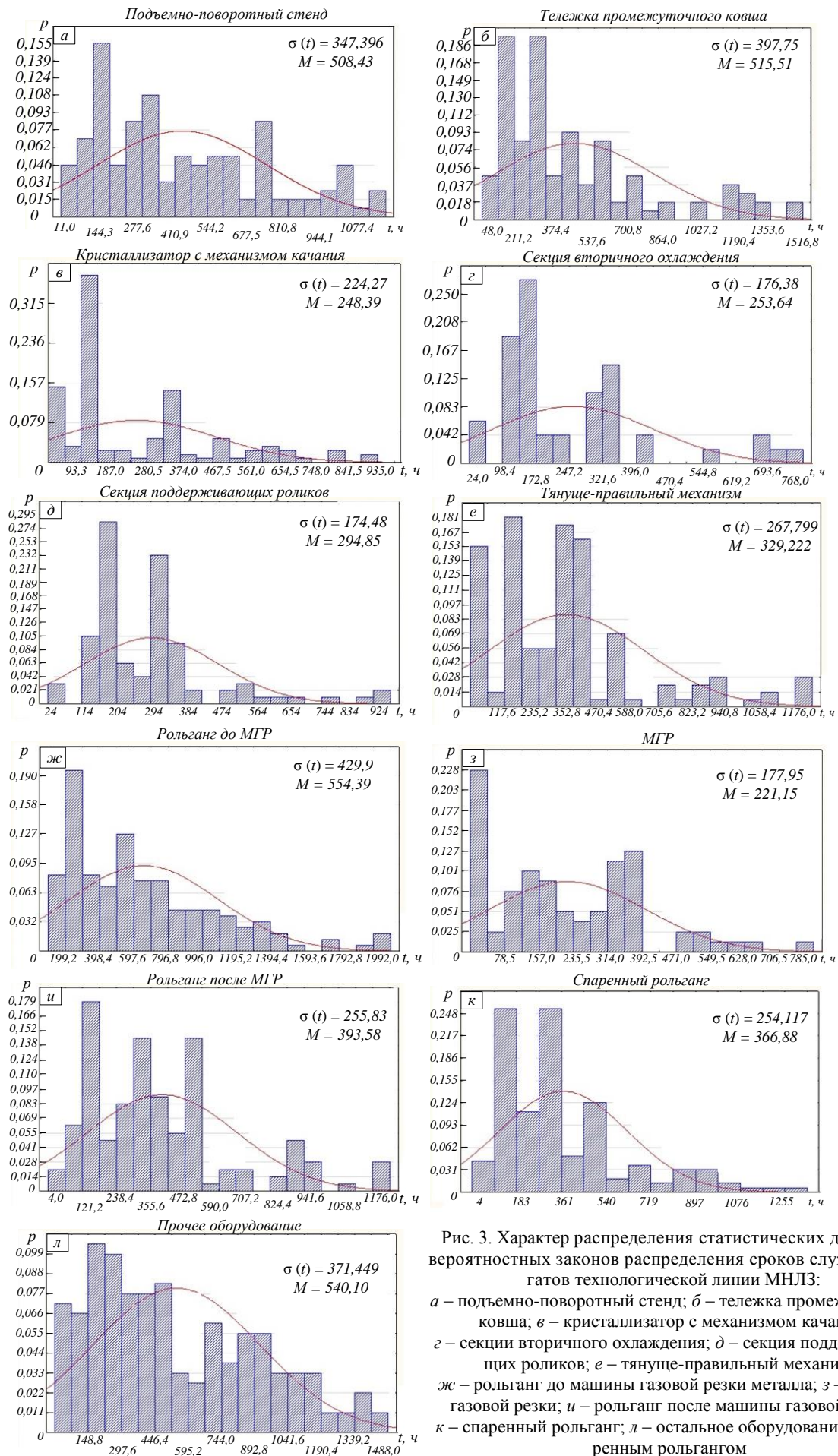


Рис. 3. Характер распределения статистических данных и вероятностных законов распределения сроков службы агрегатов технологической линии МНЛЗ: а – подъемно-поворотный стэнд; б – тележка промежуточного ковша; в – кристаллизатор с механизмом качания; г – секции вторичного охлаждения; д – секция поддерживающих роликов; е – тянуще-правильный механизм; ж – рольганг до машины газовой резки металла; з – машина газовой резки; и – рольганг после машины газовой резки; к – спаренный рольганг; л – остальное оборудования за спаренным рольгангом

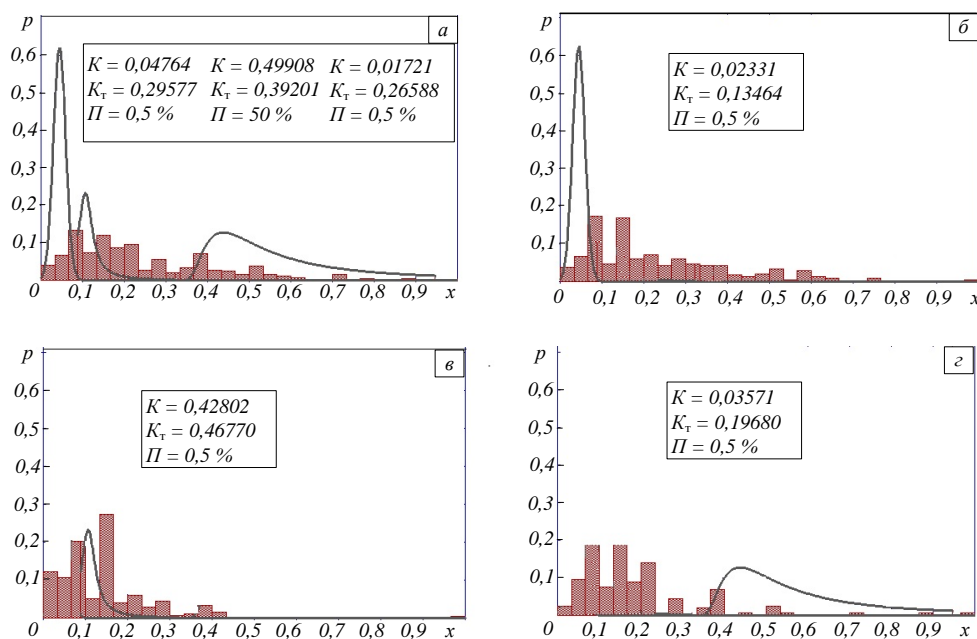


Рис. 4. Распределение продолжительности безотказной работы групп агрегатов технологической линии МНЛЗ: а – агрегатов всех трех групп технологической линии; б – агрегатов, работающих с жидким металлом; в – агрегатов, работающих с затвердевающим металлом; г – агрегатов, работающих с твердым металлом

виде технологической линии МНЛЗ:  $K_{A\bar{A}} = 0,42802$ , что меньше допустимого его значения  $[K_{A\bar{A}}] = 0,46770$ . На рис. 4, в показана совпадение распределения плотности вероятности сроков службы агрегатов, вошедших в третью группу агрегатов технологической линии:  $K_A = 0,03571$  меньше допустимого значения  $[K_A] = 0,19680$ . Это дает возможность использовать рассматриваемую модель распределения сроков службы агрегатов, работающих с твердым металлом, для описания условий работы данной части МНЛЗ.

**Выводы.** Из результатов оценки возможности использования модели распределения плотности вероятности сроков службы не только самих агрегатов, но и разных групп агрегатов технологической линии МНЛЗ следует, что у самих агрегатов наблюдается преимущественно нормальный закон распределения сроков службы до очередного момента выхода их из строя с вполне конкретным математическим ожиданием и дисперсией. Группа агрегатов, работающих с жидким металлом, хорошо описывается нормальным законом распределения сроков их службы с относительной величиной математического ожидания сроков службы всей группы  $A = 0,44$ . Группа агрегатов, работающих с затвердевающим металлом, может быть описана усеченным законом Коши с относительной величиной математического ожидания  $A\bar{A} = 0,205$ . Распределение продолжительности службы агрегатов, работающих с затвердевшим металлом, может быть представлено в виде закона распределе-

ния плотности вероятности срока службы агрегатов от отказа до отказа Н.М. Смирнова. Использование полученных в настоящей работе результатов при создании новых МНЛЗ или при доводке уже существующих технологических линий позволит сократить сроки их доводки до стабильно функционирующего состояния, снизить степень необходимости модернизации уже действующих агрегатов и позволит улучшить условия реализации всех операций, связанных с планированием режимов обслуживания и ремонта этих технологических линий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев А.Н. О методологических основах проектирования надежного технологического оборудования // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 6. С. 22 – 26.
2. Савельев А.Н. Проектирование гомеостатных прокатных комплексов // Изв. вуз. Черная металлургия. 1991. № 12. С. 78 – 82.
3. Савельев А.Н. Структурные особенности устойчиво функционирующей сложной технической системы // Изв. вуз. Черная металлургия. 1996. № 12. С. 53 – 58.
4. Савельев А.Н. Математическое описание внутренних процессов формирования сложных технических систем // Изв. вуз. Черная металлургия. 1997. № 8. С. 52 – 56.
5. Савельев А.Н. Особенности формирования работоспособных технологических

систем // Изв. вуз. Черная металлургия. 1998. № 8. С. 69 – 75.

6. Савельев А.Н., Тимошенко Ю.Г., Бич Т.А. Оценка показателей безотказности и ремонтпригодности агрегатов устойчиво работающей технологической линии МНЛЗ // Изв. вуз. Черная металлургия. 2006. № 6. С. 57 – 60.

7. Савельев А.Н., Тимошенко Ю.Г., Бич Т.А. Идентификация модели распределения элементов в сложной технической системе // Изв. вуз. Черная металлургия. 2004. № 6. С. 64 – 67.

© 2016 г. А.Н. Савельев,  
С.С. Северьянов, А.В. Савельева  
Поступила 01 июня 2016 г.

УДК 621.01:669.02/.09

*А.Н. Савельев, С.В. Козлов, Д.О. Анисимов*

Сибирский государственный индустриальный университет

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ ХОЛОДИЛЬНИКОВ МНЛЗ**

Одним из наиболее распространенных агрегатов, используемых на завершающих участках технологических линий производственных процессов в черной металлургии, являются холодильники. На этих агрегатах горячий металл, постепенно перемещаясь вдоль них, остывает до температуры товарного состояния. Широкое распространение получили холодильники шагающего типа, в которых подвижные балки совершают циклическое поступательное движение в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной. В процессе длительной эволюции приводов этих холодильников инженерные поиски наиболее рационального решения привели к выводу, что наиболее эффективным является гидравлический привод. Однако, наряду с положительными качествами гидравлических приводов при их эксплуатации наблюдаются и отрицательные явления, сдерживающие их широкое применение. Наиболее существенным недостатком гидроприводов в этих агрегатах является наличие в их системе значимых по величине динамических процессов. Результаты анализа надежности работы элементов холодильников машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [1] показали, что гидроприводы холодильников достаточно часто (до ста раз в год) выходят из строя. Таким образом, оценка динамических процессов при эксплуатации холодильников МНЛЗ представляет с точки зрения надежности работы этого вида оборудования значительный интерес.

Известно, что динамические процессы в оборудовании по своей частотной характеристике делятся на высоко- и низкочастотные, определяемые частотой колебаний массивных масс технологического агрегата. В настоящей работе разработана модель и выполнена оценка ее применения для определения низкочастотных процессов в гидроприводе холодильников, используемых в металлургической промышленности. В качестве холодильника-аналога рассмотрен холодильник шагающего типа, установленный в технологической линии МНЛЗ и состоящий из двух секций. Движение подвижных балок каждой из секций осуществляется четырьмя вертикальными и двумя горизонтальными цилиндрами, синхронно работающими от разных источников гидроэнергии. В цикле работы вертикального привода балок холодильника существует участок, когда балки подводятся к остывающему металлу, и участок, когда они поднимают металл. В момент касания подвижных балок металла нагрузка на привод этих балок резко возрастает, а в момент опускания охлаждаемого металла происходит обратный процесс (нагрузка резко падает). Таким образом, в цикле работы вертикального привода подвижных балок существует два момента, когда нагрузка ступенчато на них меняется.

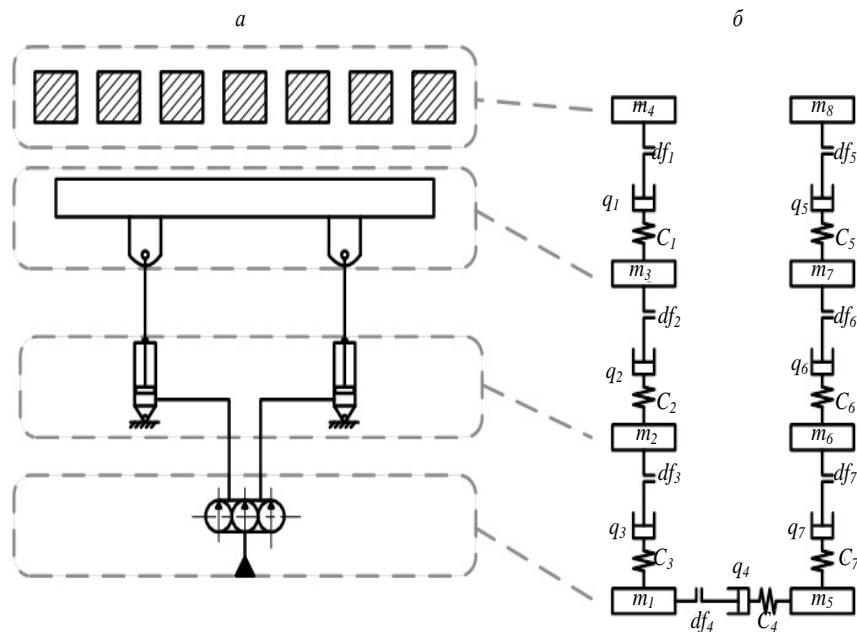


Рис. 1. Формирование динамической модели гидропривода вертикального движения подвижных балок холодильника: а – кинематическая схема гидропривода; б – динамическая модель привода

Вертикальные цилиндры работают от одной гидросети, подающей энергию на попарно питающиеся цилиндры через делители потока жидкости шестеренного типа (рис. 1). В делителях потока динамические процессы, возникающие на каждом из двигателей, могут вступать во взаимодействие друг с другом. Этот момент с точки зрения характера протекания процессов наложения динамических колебаний друг на друга является наиболее опасным для целостности элементов оборудования. С учетом этого гидравлическая система многодвигательного привода холодильников машины непрерывного литья заготовок с делителем потока представлена в общем случае восьми-массовой динамической моделью (рис. 1). На схеме показаны массы и жесткости подвижных элементов привода, использован метод работы [1]. При формировании динамической модели реальная гидравлическая система была разбита на однородные по конструкции элементы, в результате получена многомассовая динамическая система. Эти элементы были приведены к координатам гидроцилиндра и по принципу концентрации малых масс в точках расположения значительных массовых величин сформирована динамическая модель. Процесс сокращения масс системы контролировался допустимой величиной отклонения первых трех собственных частот колебаний модели от исходных. Жесткости элементов гидропривода

при этом были сконцентрированы между массами системы. К массам модели, которые взаимодействуют с внешней средой, были приложены соответствующие силы внешнего воздействия на гидропривод.

Опираясь на выше описанную динамическую модель привода, была сформирована математическая модель в виде системы дифференциальных уравнений движения каждой из масс:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= \dot{x}_1; & \frac{d\dot{x}_1}{dt} &= \frac{F_1}{m_1}; \\ \frac{dx_2}{dt} &= \dot{x}_2; & \frac{d\dot{x}_2}{dt} &= \frac{F_2}{m_2}; \\ & \dots & & \dots \\ \frac{dx_n}{dt} &= \dot{x}_n; & \frac{d\dot{x}_n}{dt} &= \frac{F_n}{m_n}, \end{aligned}$$

где  $x_i$  и  $\dot{x}_i$  – перемещение и скорость массы системы;  $F$  – сумма сил, действующих на массу;  $m$  – масса;  $t$  – текущее время; индексы  $1 \dots n$  – номера масс.

В математической модели принят ряд допущений, позволяющих значительно ее упростить без принципиальных при этом изменений ее сути: во-первых, на движение поршней цилиндров оказывает влияние только упругость жидкости, находящейся в цилиндре и трубопро-

водах между цилиндром и делителем потока; во вторых, считается незначимым влияние динамических процессов, происходящих на участке гидросистемы от насоса до делителя потока; в третьих, усилие, возникающее при соприкосновении подвижных балок с металлом, носит ярко выраженный ступенчатый характер. Таким образом, усилие в связях между массами в математической модели описывается уравнениями, учитывающими наличие в них зазоров  $\Delta_{ij}$  и демпфирования  $q_i$  динамических составляющих процесса колебаний системы. Модель связи выражена следующим уравнением:

$$F_{ij} = q(\dot{x}_j - \dot{x}_i) + k_{ij},$$

где

$$k_{ij} = \begin{cases} c_{ij}(x_j - x_i + \Delta_{ij}) & \text{при } (x_j - x_i) < -\Delta_{ij}; \\ 0 & \text{при } -\Delta_{ij} < (x_j - x_i) < 0; \\ c_{ij}(x_j - x_i) & \text{при } (x_j - x_i) > 0; \end{cases}$$

$q$  – коэффициент эквивалентного вязкого демпфирования в упругих связях;  $x_i$  и  $\dot{x}_i$  – перемещение и скорость  $i$ -ой массы системы;  $x_j$  и  $\dot{x}_j$  – перемещение и скорость  $j$ -ой массы системы;  $c_{ij}$  – жесткость упругой связи;  $\Delta_{ij}$  – зазор в упругой связи.

Технологическая нагрузка от веса подвижных балок, а также от веса перемещаемого по холодильнику металла в математической модели определяется по следующему выражению:

$$F_{Тк} = m_k g,$$

где  $m_k$  – масса заготовок и подвижных балок, на которые действует сила;  $g$  – ускорение свободного падения.

При расчете динамического процесса в приводе необходимо знать зависимость усилия  $F_{дв}$ , создаваемого гидроприводом при перемещении металла в вертикальной плоскости, от времени. Определить усилие гидропривода можно по формуле механической характеристики гидропривода:

$$F_{дв} = p_{ц} f_{п} = \frac{f_{п} Q_{п}}{a_{пн}} U_{п} - \frac{v f_{п}^2}{a_{пн}},$$

где  $p_{ц}$  – давление в гидроцилиндре;  $f_{п}$  – площадь поршня;  $Q_{п}$  – подача жидкости в цилиндр;  $U_{п}$  – параметр регулирования;  $a_{пн}$  – коэффициент утечек в гидроприводе;  $v$  – скорость перемещения рабочего органа цилиндра.

На основе математической модели с использованием интегрированной среды разработки «Delphi» написана программа, в которой интегрирование дифференциальных уравнений осуществляется с помощью стандартной программы Рунге-Кутты. В качестве примера выполнен расчет силовых составляющих нагрузок, которые возникают в элементах, составляющих ту или иную упругую связь модели. В результате расчета показано, что динамические нагрузки при низких частотах в многодвигательном гидроприводе холодильников в процессе подъема подвижных балок сначала без перемещаемого ими металла, а затем вместе с металлом значительны. В расчете были приняты следующие значения:  $m_1 = 80$  кг,  $m_2 = 50$  кг,  $m_3 = 18750$  кг,  $m_4 = 43750$  кг,  $m_5 = 80$  кг,  $m_6 = 50$  кг,  $m_7 = 18750$  кг,  $m_8 = 43750$  кг;  $C_{1,2,4,5,6} = 9 \cdot 10^{11}$ ,  $C_{3,7} = 7 \cdot 10^{11}$ ;  $\Delta_{2,3,4,6,7} = 5 \cdot 10^{-4}$ ,  $\Delta_{1,5} = 5 \cdot 10^{-2}$  м;  $q_{2,3,4,6,7} = 5 \cdot 10^6$  Н·с/м,  $q_{1,5} = 13500$  Н·с/м.

Результаты моделирования динамических процессов в вертикальном приводе холодильника шагающего типа приведены на рис. 2. Нагрузки в разных элементах привода отличаются друг от друга, причем это отличие значительно.

Известно, что динамические процессы в оборудовании оказывают сильное влияние на надежность работы элементов машин. В связи с этим интересно сопоставить показатели надежности элементов привода с расчетной величиной динамических нагрузок. Сопоставление надежности данных элементов привода [2] с коэффициентами динамичности, возникающими в элементах гидропривода холодильника МНЛЗ, показаны на рис. 3. При близких значениях статических и динамических нагрузок наименьшей надежностью обладают цилиндры гидропривода. Это, по всей вероятности, связано с тем, что в этих устройствах существует ряд подверженных интенсивному износу пар трения скольжения.

**Выводы.** Сформированная динамическая модель многодвигательного гидропривода холодильников шагающего типа позволяет оценить возникающие в гидроприводе низкочастотные динамические процессы, что дает возможность рекомендовать эту модель к использованию в инженерных расчетах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савельев А.Н., Ступачев М.И. Определение динамических нагрузок в технологическом оборудовании: Учеб. пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 1999. – 82 с.

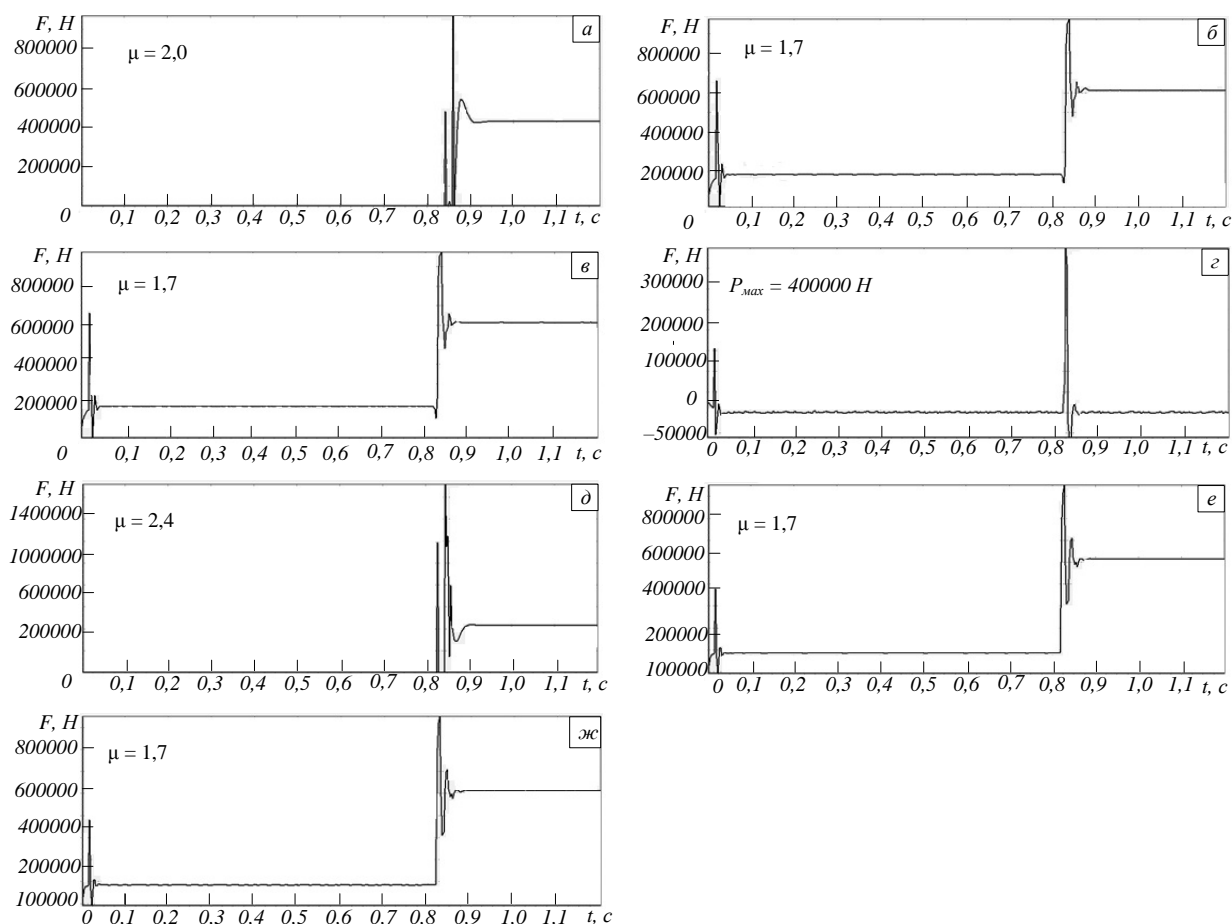


Рис. 2. Характер изменения нагрузок (а – ж), возникающих в связях 1 – 7 между массами динамической модели в первой половине цикла работы привода ( $\mu$  – коэффициент динамичности нагрузки)

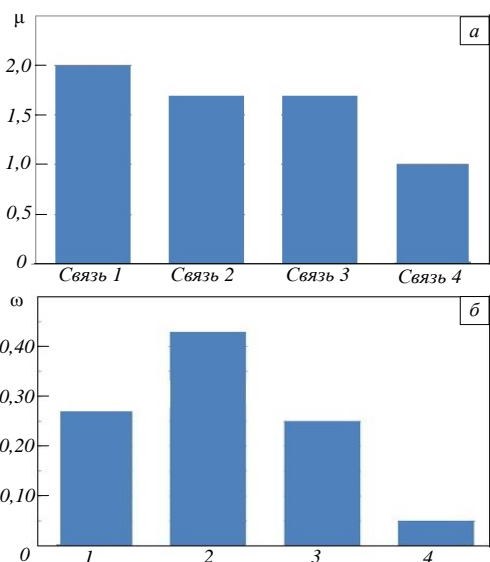


Рисунок 3. Сопоставление коэффициента динамической нагрузки (а) в связях 1 – 4 и частоты (б) встречаемости выхода из строя элементов привода вертикального подъема балок холодильника:

1 – подвижные балки; 2 – гидроцилиндры привода балок; 3 – подводящие к цилиндрам трубопроводы; 4 – делители потока

2. Савельев А.Н., Козлов С.В. Оценка эксплуатационной надежности холодильника МНЛЗ с гидроприводом. – В кн.: Материалы шестнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2006. – 240 с.

© А.Н. Савельев, С.В. Козлов,  
Д.О. Анисимов  
Поступила 01 июня 2016 г.

**ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ**

УДК 621.51:621.313

*А.В. Герасимук, М.В. Купервассер, Е.Н. Топильская*

Сибирский государственный индустриальный университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА МОЩНОГО ВЫСОКОВОЛЬТНОГО СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ВНЕЗАПНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Высоковольтные синхронные электродвигатели широко используются в горно-металлургических кластерах промышленности различных регионов. Примерами применения таких двигателей являются турбокомпрессорные установки, подъемные машины, прокатные станы. Известно, что достоинствами этих двигателей являются высокий (96 – 98 %) КПД (особенно двигатели большой мощности) и возможность регулирования коэффициента мощности под нагрузкой.

Для обеспечения контроля аварийных режимов высоковольтные электродвигатели снабжаются комплексом стандартных релейных защит [1]:

- токовая отсечка (ТО);
- дифференциальная защита (ДЗТ);
- защита от замыканий на землю (ОЗЗ);
- защита минимального напряжения (ЗМН);
- от потери питания;
- от неполнофазного режима работы;
- от длительных перегрузок;
- от асинхронного хода;
- от колебаний нагрузки.

В процессе работы производится контроль электрических параметров, а также контроль температуры обмоток и магнитопровода, вибраций, мониторинг работы системы охлаждения электрической машины [2].

Известны случаи, когда выход из строя системы охлаждения электродвигателя приводит к его сильному перегреву. Такое явление сопровождается разрушением изоляции обмоток статора, возникновением вследствие этого внутренних межвитковых коротких замыканий, замыканий фазных обмоток между собой и на корпус машины. Восстановление работоспособности машины после указанных событий возможно только путем проведения сложного и дорогостоящего ремонта. При этом ни одна из перечисленных выше стандартных релейных защит не выявляет описанную аварийную ситуацию и не защищает машину от разрушения изоляции обмоток. Существуют спе-

циализированные виды защиты для контроля теплового состояния машины. Согласно пунктам правил устройства электроустановок на электродвигателях, имеющих принудительную вентиляцию, следует устанавливать защиту: воздействие на сигнал и/или отключение электродвигателя при повышении температуры или прекращении действия вентиляции. Электродвигатели с водяным охлаждением обмоток и активной стали статора, а также с встроенными воздухоохладителями, охлаждаемыми водой, должны иметь защиту, действующую на сигнал при уменьшении потока воды ниже заданного значения и на отключение электродвигателя при его прекращении [3]. Однако, как показывает практика, имеют место случаи, когда такие защиты не срабатывают из-за неисправности датчиков или неработоспособности данных защит в силу различных других причин.

В настоящей работе рассматривается методика расчета допустимого времени работы синхронного двигателя при полном отключении системы охлаждения (СО), необходимого для принятия решения по отключению его от питающей сети или перезапуску СО. При выводе формул не учитывали передачу тепла от двигателя фундаментной плите, так как теплопроводность бетона невелика и площадь пятна контакта двигателя с плитой значительно меньше общей площади поверхности машины.

В качестве примера рассмотрен двигатель СТД (СТДП)-10000 номинальной электрической мощностью  $P_{Э} = 10$  МВт, КПД = 97,7 % [1].

Как известно, не вся электрическая мощность  $P_{Э}$ , подводимая к электродвигателю, вследствие наличия активного сопротивления обмоток статора и ротора, сил трения в подшипниках, потерь в магнитопроводе из-за гистерезиса и вихревых токов преобразуется в механическую мощность  $P_{М}$ ; часть мощности, которая теряется из-за указанных причин, преобразуется в тепловую мощность  $\Delta P$  (тепло-



вые потери). Эти потери учитываются при расчете КПД двигателя [4]:

$$\eta = P_{\text{Э}} / P_{\text{М}}$$

Тепловая мощность, генерируемая в процессе работы, определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{\text{Э}} - \eta P_{\text{Э}} = P_{\text{Э}}(1 - \eta) = \\ &= 10000(1 - 0,977) = 230 \text{ к Вт}. \end{aligned}$$

В нормальном режиме работы тепловая энергия  $\Delta P$  отводится системой охлаждения от электродвигателя во внешнюю среду, не позволяя обмоткам статора и ротора разогреться до недопустимых температур. Для двигателя СТД (СТДП)-10000 максимальная допустимая температура обмоток и магнитопровода ( $t_{\text{доп}}$ ) составляет 120 – 130 °С [5].

Установившаяся температура нагрева двигателя может быть определена по формуле

$$t_y = \Delta P \frac{1}{\alpha F} = 230 \frac{1}{8 \cdot 33,464} = 859 \text{ К} = 586^\circ\text{С}, \quad (1)$$

где  $F = 33,464 \text{ м}^2$  – площадь поверхности охлаждения (кожуха) двигателя;  $\alpha = 8 \text{ Вт}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$  – коэффициент теплоотдачи поверхностью стального кожуха двигателя в воздушную среду.

Следует уточнить, что максимальная возможная температура нагрева – величина теоретическая. В реальности нагрев до такой температуры невозможен, так как термическая стойкость изоляции, определяемая классом нагревостойкости, обычно допускает нагрев максимум лишь до 220 °С. При значительном превышении этой температуры изоляция начнет разрушаться и, как следствие, разовьется внутреннее повреждение электродвигателя, после этого двигатель будет отключен средствами ДЗТ (при условии, что ДЗТ сохранила свою работоспособность при перегреве).

Кожух двигателя СТД-10000 представляет собой полуцилиндр, площадь его поверхности вычисляется как сумма полусуммы площади боковой поверхности и двух поверхностей его торцов и плоской стороны:

$$\begin{aligned} F &= [2\pi Rl + 2\pi R^2 / 2] / 2 + 2Rl = \pi(Rl + R^2 / 2) + \\ &+ 2Rl = \pi(1,7 \cdot 3,31 + 1,7^2 / 2) + 2 \cdot 1,7 \cdot 3,31 = \\ &= 33,464 \text{ м}^2, \end{aligned}$$

где  $R = 1,7 \text{ м}$  – радиус кожуха;  $l = 3,31 \text{ м}$  – длина кожуха.

В формуле (1) не учитываются тепловые потери излучением с поверхности кожуха машины. Мощность потерь тепла излучением при установившейся температуре находится по уравнению Стефана-Больцмана:

$$\Delta P_{\text{лч}} = 4,8 \cdot 10^{-8} (t_y^4 - t_c^4) F,$$

где  $t_c = 293 \text{ К}$  – температура окружающей среды.

Преобразуем формулу (1) следующим образом:

$$\begin{aligned} t_k &= (\Delta P - \Delta P_{\text{из}}) \frac{1}{\alpha F} = \\ &= \left[ \Delta P - 4,8 \cdot 10^{-8} (t_y^4 - t_c^4) F \right] \frac{1}{\alpha F} \end{aligned}$$

После раскрытия скобок и приведения этого уравнения к стандартному виду получим уравнение четвертой степени относительно  $t_y$ :

$$-4,8 \cdot 10^{-8} t_y^4 F - \alpha F t_y + \Delta P + 4,8 \cdot 10^{-8} t_c^4 F = 0. \quad (2)$$

В результате решения уравнения (2) по методу Феррари значение установившейся температуры ( $t_y$ ) составляет 508 К = 235 °С.

Для расчета времени нагрева ( $\tau$ ) электродвигателя до максимально допустимой температуры ( $t_{\text{доп}}$ ) воспользуемся известной формулой работы [4]:

$$\tau = T \ln \frac{t_y - t_c}{t_y - t_{\text{доп}}} = 30 \ln \frac{224 - 20}{224 - 130} = 21,5 \text{ мин},$$

где  $T = 30 \text{ мин}$  – постоянная времени нагрева двигателя [6].

В нормальном режиме работы мощного синхронного двигателя отключение системы охлаждения является серьезной проблемой и необходимо принимать срочные меры либо по быстрому перезапуску системы охлаждения, если это возможно, либо отключать двигатель от сети.

При неполнофазном режиме работы электродвигателя ток в каждой из двух рабочих фаз возрастает от 1,6 до 2,5 раз [1]. Согласно известному выражению тепловыделение в обмотках статора в таком режиме возрастет пропорционально квадрату тока:

$$\Delta P = I_{\text{Н}}^2 R,$$

здесь  $I_n$  – номинальный ток статора синхронного двигателя, А;  $R$  – активное сопротивление обмотки статора, Ом.

Для упрощения анализа режима примем, что вся тепловая мощность генерируется в обмотках статора; тогда можно записать равенство

$$\Delta P = I_n^2 R = 230 \text{ кВт.} \quad (3)$$

Так как соединения обмоток двигателя СТД (СТДП)-1600 выполнены звездой, то при потере одной фазы питания одна фазная обмотка окажется отключенной от сети, то есть тепловая мощность будет генерироваться только двумя работающими фазами. С учетом вышеизложенного выражения (3) и кратности тока в работающих фазах при неполнофазном режиме получим:

$$\Delta P' = \frac{2}{3} (2,5 I_n)^2 R = \frac{2}{3} 6,25 I_n^2 R = 4,16 \Delta P = 958 \text{ кВт.}$$

При пересчете параметров нагрева при одновременном отключении системы охлаждения и возникновении неполнофазного режима работы электродвигателя установившаяся температура ( $t'_k$ ) составит  $823 \text{ К} = 550 \text{ }^\circ\text{С}$ .

Время нагрева обмоток статора до максимально допустимой температуры составит

$$\tau = 30 \ln \frac{550 - 20}{550 - 130} = 7 \text{ мин.}$$

Таким образом, в ситуации, когда двигатель теряет одну из фаз питания, нагрев происходит значительно быстрее [7].

Функцию резервной защиты от неполнофазного режима выполняет, как правило, защита от токовой перегрузки (в случае отсутствия специализированной защиты от неполнофазного режима – защита от токовой перегрузки является основной). Ее уставки следует принимать не более расчетного времени нагрева электродвигателя до максимально допустимой температуры с учетом возможной технологической перегрузки (или времени пуска двигателя):

$$\tau_{\text{тп}} < \tau_{\text{п}} < \tau,$$

где  $\tau_{\text{п}}$  – уставка времени защиты от перегрузки по току, с;  $\tau_{\text{тп}}$  – продолжительность возможной технологической перегрузки электродвигателя, с.

**Выводы.** На основании проведенных расчетов можно заключить, что внезапное отключение системы охлаждения мощного синхронного двигателя является серьезной проблемой, в особенности, если это сопряжено с возникновением неполнофазного режима, так как это приводит к увеличению фазных токов и, как следствие, к быстрому разогреву двигателя до недопустимых температур. В ситуации, когда релейные защиты не отключают двигатель по каким-либо причинам, дежурный персонал должен произвести отключение двигателя не позднее истечения расчетного времени нагрева до максимально допустимой температуры.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Релейная защита электродвигателей напряжением 6 – 10 кВ терминалами БМРЗ: методика расчета / С.А. Гондуров, С.В. Михалев, М.Г. Пирогов, А.Л. Соловьев. – СПб.: ПЭИПК, 2013. – 60 с.
2. Пугачев Е.В., Кипервассер М.В., Герасимук А.В. Исследование переходного процесса в цепи тока приводного электродвигателя при аварии турбокомпрессора // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2015. № 2 (12). С. 45 – 48.
3. Библия электрика: ПУЭ, МПОТ, ПТЭ. – М.: Эксмо, 2012. – 752 с.
4. Костенко М.П., Пятровский Л.М. Электрические машины. Ч. 2. Машины переменного тока. – Л.: Энергия, 1973. – 648 с.
5. Слодарж М.И. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных электродвигателей. – М.: Энергия, 1977. – 216 с.
6. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины. В 2-х ч. Ч. 2: Учебник для электротехн. спец. вузов. – М.: Высшая школа, 1979. – 304 с.
7. Филлипов И.Ф. Теплообмен в электрических машинах. Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1986. – 256 с.

© 2016г. А.В. Герасимук,  
М.В. Кипервассер, Е.И. Топильская.  
Поступила 26 мая 2016 г.

*И.К. Назаренко*

Сибирский государственный индустриальный университет

## АТРИУМНЫЕ ЗДАНИЯ НА ПРЕДСТОЯЩЕМ ЭВОЛЮЦИОННОМ ЭТАПЕ АРХИТЕКТУРЫ СЕВЕРНОГО ЖИЛИЩА

Континентальный Российский Север – это огромная «страна». История развития жилой среды в ее различных регионах – индивидуальная, зависит от многих условий и, в первую очередь, от природно-климатических. Если в южных ее районах люди вынуждены защищать себя от резких континентальных изменений, то на приполярных территориях люди вынуждены постоянно и повсеместно бороться с чрезмерной жесткостью природного окружения.

История освоения и заселения российских северных территорий охватывает не меньший временной период, чем в других районах Земли, а процесс эволюции архитектурных решений зданий и сооружений здесь прошел подобный по содержанию, формам и уровню развития путь. В процессе освоения этого необъятного края человек с самого начала вынужден был решать строительные проблемы, выдвигаемые местными климатическими и естественно-географическими условиями, а также местными природными строительными материалами, которые можно использовать для возведения различных зданий и сооружений. Именно в этом направлении и следует анализировать эволюцию приемов организации искусственной среды обитания. Возникновение устойчивых региональных и этнических черт архитектуры жилья, ее языка и традиций – во многом результат действия конкретной экологической среды. Экологический срезовый срез позволяет проследить эволюцию жилья в суровом климате.

На первых этапах своего развития человек создавал пещерообразные укрытия, почти полностью сливающиеся с естественным природным окружением (см. таблицу, рис. 1). Следующим шагом стало возведение простейших сооружений с искусственно созданным жизненным пространством, сформированным покрытием в виде навеса, шатра или купола, расположенного над выемкой в земле или установленно-го непосредственно на поверхности земли или снега. На следующем этапе развития человеческого общества сформированы стационарные

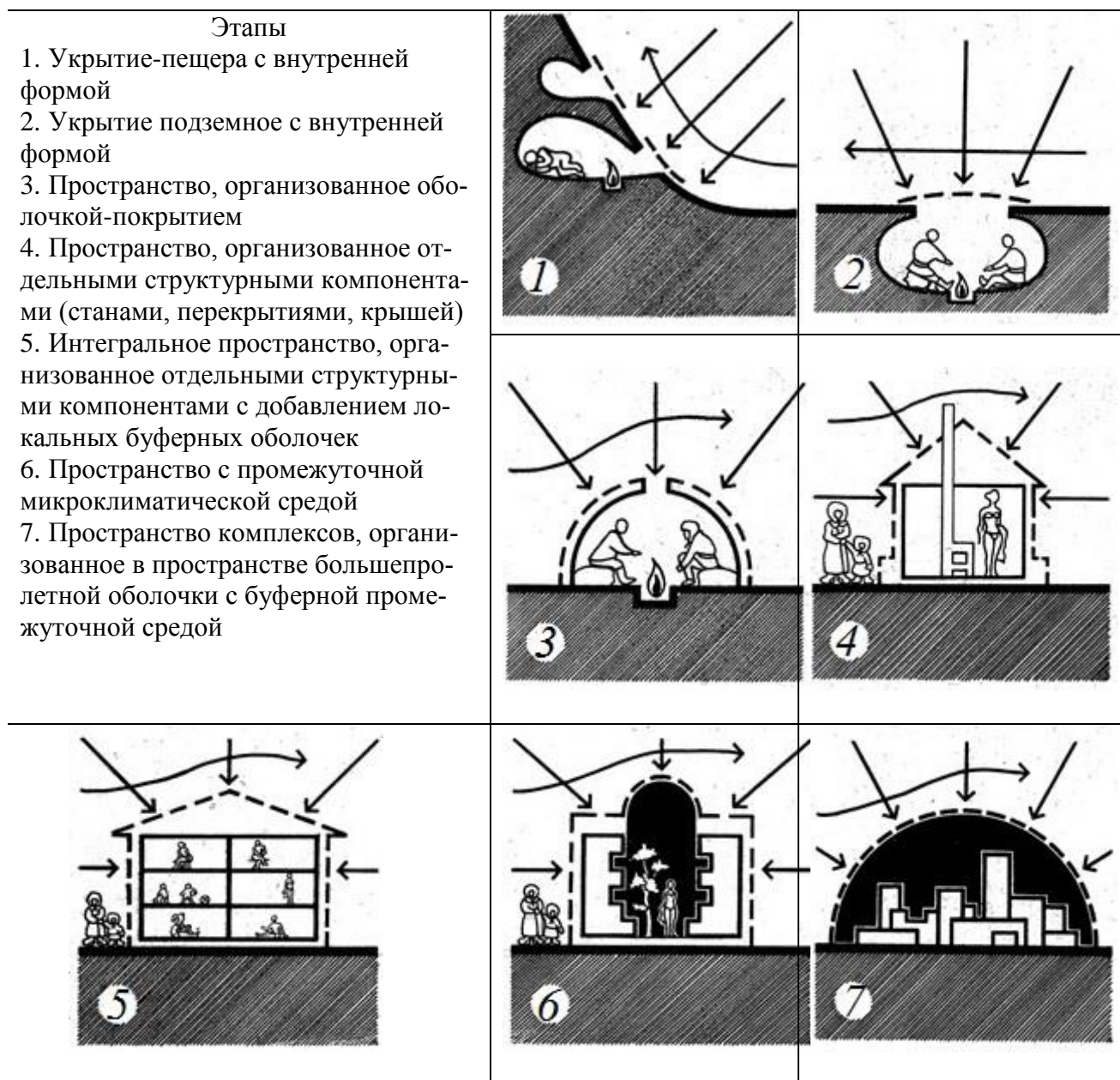
сооружения в виде деревянного сруба, избы или каменного дома. Подобная материально-пространственная структура зданий оставалась стабильной долгое время, претерпев лишь незначительные изменения в результате укрупнения, роста этажности и ширины корпуса зданий. С середины двадцатого столетия в строительной практике получили распространение новые типы зданий и комплексов с включением в их структуру буферных пространств, с промежуточной микроклиматической средой закрытых внутренних дворов – атриумов (см. таблицу, рис. 6).

В новых постройках наметилась тенденция к усложнению пространственных структур за счет комбинаторики атриумов с традиционными типами жилых и общественных зданий. Такой строительный прием используется и по сей день. Это перспективное направление особенно важно в районах с неблагоприятными природно-климатическими условиями.

Применение закрытых атриумных пространств в северном жилье обеспечивает использование его в формате философской средовой триады: «защита от отрицательных воздействий окружающей среды (холод, ветер)»; «использование благоприятных факторов (инсоляционное тепло, тепло земли, созерцание специфического ландшафта)»; «компенсация благоприятного воздействия среднеполосного окружения (растительность, акваториум)». Иными словами, с помощью атриумного строительства можно и необходимо оптимизировать средовой психологизм жилой составляющей северных селитебных территорий.

Не секрет, что строительство российских северных поселений обусловлено не столько модернизацией традиционных, местных видов производств, сколько организацией новых более масштабных, современных, экономичных и прибыльных. При этом жесткая рукотворная архитектурно-градостроительная производственная среда быстро прирастает нефте-, газо-, угле- и другими горнодобывающими, металлургически-

### Этапы эволюции архитектурной формы жилища



ми, машиностроительными и строительными предприятиями, линейными автомобильными и железнодорожными объектами. Все они значительно влияют на экологическую обстановку в поселениях: за счет концентрации вредных выбросов в атмосферу, гидросферу, литосферу и биосферу вызывают опасные тенденции в труднообратимых изменениях здоровья населения. Охарактеризованное функциональное построение атриумных зданий и современная экологическая обстановка в северных поселениях дают основание считать, что атриумные здания с искусственно создаваемым микроклиматом могут в ближайшей и отдаленной перспективах стать наиболее распространенными градостроительными элементами северных селитебных территорий.

Селитьба – неразрывна в пространственном и временном отношении; сферы производства продукции и проживания человека в ней неразрывно связаны. Перцептивное персональное пространство, используемое человеком в городской (поселковой) среде при проживании, не имеет ярко выраженных границ, а «размывается» и «перетекает» в пространство «производственное», используя для этого коммуникативное динамичное пространство. При этом использование отмеченных пространств непрерывно и динамично во времени. Динамика звена «человек» в исследуемой системе постоянно сопровождается динамикой в отмеченных пространствах других природных форм. В применении к атриумным зданиям философское толкование пространств означа-

ет, что изоляция человека как части природной среды в оболочках атриумов неизбежно сопровождается перенесением в эти же оболочки жизненно необходимых, экологически здоровых, искусственных и отчасти иллюзорных элементов окружающей природы. Привнесение природных элементов в помещения атриумов формирует не только само атриумное пространство, но и жилищные компоненты; «нежилое» пространство «поселяется» в жилое здание, изменяя его изнутри и выполняя при этом множество разнообразных функций.

Естественно, что функциональное наполнение северных атриумных зданий во многом отличается от такового в средней полосе. К анализу этого наполнения ученые обращались неоднократно. Так, Р. Саксон [1] функции атриумных зданий определил следующими четырьмя позициями.

1. Культурная функция. Люди строят, чтобы выразить свое время и свою культуру. Атриумные здания обращены как к разуму, так и к чувствам человека: они обогащают жизнь; их архитектура более привлекательная.

2. Экономическая функция. Это использование ресурсов (деньги, время, человеческие способности, энергия, материалы) для получения прибыли. Здания с атриумами более дорогостоящие, чем обычные, в процессе строительства; быстро окупаются в процессе эксплуатации.

3. Защитная функция заключается в уменьшении влияния суровых климатических условий на условия проживания.

4. Приспособительная функция предполагает использование атриума в качестве своеобразного вестибюля и коммуникационного пространства, обеспечивающего доступ ко всем частям здания: в нем могут быть размещены зоны отдыха, выставки, торговые помещения и т.д.

В отличие от Р. Саксона Б.М. Полуй, многосторонне анализируя атриумное домостроение, схематику его назначения определяет следующими функциями [2].

1. Повышение плотности застройки; здания с атриумными пространствами повышают эффективность использования территорий.

2. Климатический буфер предполагает использование атриумного пространства как промежуточной зоны, обеспечивающей постепенный переход от наружной среды к интерьеру.

3. Повышение тепловой эффективности зданий за счет увеличения их компактности. Помимо снижения прямых теплопотерь через ограждающие конструкции атриумы резко снижают теплопотери здания за счет охлаждения под воздействием ветра.

4. Оптимизация коммуникационной структуры. Атриум как многоцелевое пространство берет на себя в здании роль вестибюля и коммуникационного узла, концентрируя внутренние горизонтальные и вертикальные сообщения и облегчая ориентацию в здании.

5. Полифункциональное использование площади атриума предоставляет возможность создания гибкого трансформируемого интерьера с вычленением и обособлением отдельных зон.

6. Повышение естественной освещенности помещений, размещенных в глубине плана зданий; в этой связи атриум можно рассматривать как своеобразный световод.

7. Солнечное отопление атриума осуществляется за счет использования парникового эффекта и прямого нагрева внутренних ограждающих конструкций.

8. Компенсацию дискомфорта внешней среды атриумом можно рассматривать в аспекте пространственного развития внутренней жилой среды и ее связей с природой. Вводя в интерьер атриума природные элементы, можно получить пространство – компенсатор живой природы.

Широкомасштабный анализ литературных источников по атриумному домостроению показывает, что приведенные выше номенклатуры функционального назначения атриумных зданий в настоящее время значительно расширились, социально обогатились; география зданий стремительно развивается в направлении Севера. Говоря коротко, функций у атриумов намного больше. Потребовалась разработка современного интегрального функционального «портрета» атриумного здания применительно к суровым природно-климатическим и жестким антропогенным условиям Крайнего севера. Такая разработка выполнена на кафедре архитектуры Сибирского государственного индустриального университета. В результате собраны и систематизированы материалы по проектированию и строительству атриумных зданий. Установлено, что здания и их атриумы объединяются в восемь функциональных блоков [3]: градостроительный, архитектурный, экологический, санитарно-гигиенический, социально-культурологический, физкультурно-оздоровительный, бытовое обслуживание, технико-экономический.

#### ***Блок градостроительных функций***

Наблюдается постепенное «перетекание» жилого пространства в нежилое и наоборот; буферное смягчение отрицательных воздействий природной и антропогенной окружающей среды. Применительно к северным усло-

виям в этом блоке рассматривается совокупность следующих функций.

– *Увеличение общественных зон селитьбы.* Атриумные здания увеличивают для поселения площадь пешеходных пространств; эти пространства имеют чисто городской (поселковый) характер, служат коммуникациями и местами сосредоточения разных видов деятельности.

– *Приближение общественных зон к жилью.* В объеме атриума жилого здания можно разместить множество общественных помещений и территорий.

– *Смягчение микроклимата* на участке селитебной территории предполагает использование атриумного пространства как промежуточной зоны, которая обеспечит постепенный переход от наружной среды к интерьеру. Ограждающие конструкции жилых помещений перестают испытывать климатические нагрузки (температуру, солнечную радиацию, ветер и дождь) в полную силу.

– *Повышение плотности застройки.* Здания с атриумными пространствами повышают эффективность использования территорий и неудобных участков.

– *Метафоричность (перетекание) природных и антропогенных градостроительных элементов.* Устройство садов, клумб, искусственных водоемов, асфальтированных дорожек, площадей.

– *Использование в качестве градоформирующей единицы* необходимо понимать как соединение с помощью атриума нескольких градоформирующих единиц в новую единицу.

– *Использование в качестве навильона ожидания общественного транспорта.*

– *Прогнозирование четвертого (временного) измерения зданий за счет полифункциональных атриумов.* Атриумные здания на самом деле «живут» не только в трехмерном пространстве, они существуют и во времени, так как, приспосабливаясь к новым требованиям за счет гибкого, трансформируемого внутреннего пространства, продлевают срок своей службы.

*Реконструкция старых зданий.* Эта функция предполагает охрану зданий-памятников или их частей с помощью внесения их под оболочку, созданную атриумом.

### **Блок архитектурных функций**

Смысл функций этого блока заключается в разнообразии объемно-пространственных решений от интерьера отдельных помещений до экстерьера зданий в целом при одновременном соблюдении предельно допустимой функцио-

нальной компактности, обеспечивающей легкость ориентации.

В настоящее время объемно-планировочных решений атриумных зданий – большое множество, особенно в зарубежной практике. Анализ морфологии позволил выделить 13 наиболее распространенных основных форм, отличающихся друг от друга как количеством компоновочных жилых единиц, так и связующими элементами. Пользуясь даже основными формами, можно достичь достаточного разнообразия и силуэтности городских и поселковых ансамблей. Если учесть, что от упомянутых 13 материковых схем могут быть образованы дополнительные гибридные, то становится понятно, какого разнообразия можно достичь в градостроительных образованиях с помощью атриумных зданий [3].

Атриумные жилые здания в сравнении с традиционными обладают практически неограниченными пластическими свойствами путем расчленения общего объема на части. Отдельные объемы объединяются в единую композицию различными средствами гармонизации, путем соподчинения их величин, допустимым совмещением форм, за счет разноматериального, основанного на контрасте, их решения (стекло – бетон, стекло – металл, стекло – пластики). Отдельные плоскости объемов могут выполняться относительно глухими с достаточной утилитарной проемностью, могут превращаться в крупноразмерные, крупномасштабные остекленные поверхности – витражи. За счет разнообразия форм отдельных объемов, составляющих здание, можно достичь любых объемно-пространственных композиций: от кубических до цилиндрических, пирамидальных и более сложных комбинированных.

Пластика интерьеров атриумных зданий на порядок выше пластики традиционного жилья. Поскольку объемно-пространственная форма любого здания, в том числе и атриумного, при удачном решении является «зеркальным отображением» функционального содержания, то вышеотмеченное свойство пластики экстерьеров практически автоматически переносится в атриумных зданиях и на интерьеры помещений. Атриумные помещения всегда занимают центральное место в общем объеме зданий и могут раскрываться в окружающую среду в соответствии с окружающей градостроительной ситуацией то верхними, то боковыми остекленными плоскостями, самыми разнообразными по форме и разрезке.

За счет остекленных горизонтальных и вертикальных плоскостей в атриумных зданиях

происходит значительное увеличение наружного светового фронта, который при надлежащей грамотной ориентации по сторонам света кроме обеспечения нормального светового климата в атриуме обеспечивает адекватный инсоляционный режим и, как следствие, благоприятные санитарно-гигиенические условия в неглубоких жилых помещениях.

Помещение атриума, «призванное» компенсировать недостающее природное окружение, выполняет одновременно и чисто утилитарные функции: функцию коммуникаций и связанную с ней легкость внутренней ориентации. С помощью атриума увязываются между собой поэтажно расположенные жилые помещения и компенсационные вкрапления. Внутри атриумов устраиваются закрытые, но чаще открытые, лестницы, а в высотных зданиях дополнительно еще и лифты, причем тоже открытые, обзорные. Атриумные помещения, кроме того, связывают здание в целом с окружающей средой, обеспечивая равномерное «перетекание» внутреннего пространства в окружающее и наоборот.

#### ***Блок экологических функций***

Основная экологическая функция атриумов заключается в компенсации дискомфорта окружающей среды посредством определенных архитектурно-градостроительных приемов обеспечения благоприятного психологического климата для людей, проживающих в атриумных зданиях. Такими приемами являются: размещение в атриумах различных дендрологических элементов (значительных и малых водоемов), площадок самого различного назначения (от созерцательных до сценических), устройство развернутых панорамных или камерных ландшафтных композиций, призванных оказывать на человека определенное психологическое «давление» через ассоциативное посредство. Чувство защищенности, в частности, можно создать с помощью определенного дендрария. С его же помощью и с помощью разнообразных ландшафтных композиций можно добиться частичного устранения визуального голода, что особенно важно в высокоурбанизированных северных поселениях, практически лишенных природных элементов в пределах жилой среды.

#### ***Блок санитарно-гигиенических функций***

Функции этого блока исключают или смягчают действие неблагоприятных природных и антропогенных факторов: температурных, ветровых, влажностных, химических, биологических и звуковых.

Возможность обеспечить с помощью атрибутов естественное освещение глубинных зон создает предпосылки для уширения корпусов жилых зданий, что, в свою очередь, имеет одно из решающих значений по сбережению тепловых ресурсов, оптимизации световой среды здания и обеспечению максимально возможной инсоляции центральной зоны. Для поддержания оптимального воздушного климата необходима постоянная «подпитка» кислородом; эту функцию выполняют зеленые насаждения, расположенные в пределах атриума.

#### ***Блок социально-культурологических функций***

Рассматривается функция общения людей на самых разных уровнях: от краткосрочного созерцания друг друга до длительно действующих процессов: образование (музеи, выставки и другие формы информации), воспитание (любовь к природе, детские игры, технические занятия) под неослабным персональным и публичным контролем. Если атриумы наделяются социально-культурологическими функциями, то в них намного расширяются возможности неформального общения людей с последующим перераспределением этих возможностей в направлении образования новых общностей. Этому способствуют собрания, торжества, балаганы, занятия по интересам.

#### ***Блок физкультурно-оздоровительных функций***

Этот блок не слишком емкий по разнообразию функций: все они направлены на активное воспроизводство энергетических затрат человеческого организма. С помощью различных занятий физической культурой человек воспроизводит телесные затраты и профилактически предупреждает заболевания организма. Прогулки в атриумных помещениях также нужно рассматривать как мероприятия, уменьшающие отрицательное воздействие гиподинамии и улучшающие психо-физиологический тонус. Тихий отдых только условно причислен к физкультурно-оздоровительному блоку, но он необходим и используется при занятиях физкультурой и на прогулках как кратковременные передышки в естественной цикличности жизнедеятельности человека. Отдых необходим также людям пожилого и престарелого возрастов при коллективном общении, изоляции и эмоциональных перегрузках.

#### ***Блок «бытовое обслуживание»***

Суть этого блока функций заключается в предельно-допустимом перемещении торговых

операций из «нежилого» пространства под крышу жилых зданий и в таком же перемещении пунктов общественного питания. Отмеченные перемещения разгружают нежилое пространство и уплотняют жилое, что приводит к увеличению плотности застройки, сокращает непроизводительные затраты свободного времени и частично уменьшает операции, связанные с ведением домашнего хозяйства, повышает экономику торговых предприятий.

#### ***Блок технико-экономических функций***

Смысл функций этого блока заключается в экономии ресурсов при строительстве и эксплуатации различных систем, обслуживающих атриумное здание. Сюда относятся расходы, связанные с отоплением, вентиляцией и искусственным освещением, обеспечивающими создание нормальных условий для проживания людей и технической эксплуатации зданий.

В заключение проведенных и изложенных выше исследований автор считает необходимым указать на то, что полученный интегральный функциональный «портрет» атриумных жилых зданий для суровых северных условий не претендует на достаточную полноту. Уже в настоящее время, учитывая значительный географический диапазон суровости северных условий, требуется расширение и углубление функциональных исследований. Представляются целесообразными следующие направления исследований:

- дифференцирование и выработка критериев определения суровости природно-климатических условий применительно к жилью;
- выявление секторов совместимости в атриумных зданиях жилья и производственных градостроительных структур;
- материально-конструктивная схематика атриумных зданий в зависимости от потенциально-возможной динамики (прирастания в процессе эксплуатации) и мобильности доставки, монтажа, демонтажа и перемещения);
- учет этноса коренного северного населения в жанрах и элементах функционального наполнения атриумных и непосредственно жилых пространств.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. С а к с о н Р. Атриумные здания / Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1987. – 135 с.
2. П о л у й Б.М. Архитектура и градостроительство в суровом климате (экологические аспекты): Учеб. пособие для вузов. – Л.: Стройиздат, 1989. – 302 с.
3. Н а з а р е н к о И.К. Проектирование ресурсосберегающего жилья в суровых природно-климатических и жестких антропогенных условиях: Пособие по проектированию. – Новокузнецк, изд. СибГИУ, 2004. – 264 с.

© 2016 г. И.К. Назаренко  
Поступила 11 апреля 2016 г.

УДК 721.011.72(470+570.1/.2)

***И.К. Назаренко***

**Сибирский государственный индустриальный университет**

### **МОРФОЛОГИЯ АТРИУМНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЙ**

Анализ процесса эволюции материально-пространственных структур архитектурно-градостроительных объектов в суровом климате свидетельствует о возникновении и развитии в их составе буферной среды, промежуточной между внешней и внутренней, экстерьером и интерьером. Родился и развивается но-

вый архитектурный тип жилья – атриумное здание, которое обеспечивает этапные оптимальные условия для проживания людей, защищая их от неблагоприятных природно-климатических воздействий, используя благоприятные факторы окружающей среды и одновременно компенсируя недостающие, важные



для жизнедеятельности условия. Одновременно зарождающийся и формирующийся тип позволяет переосмыслить понятие «жилая среда», поднять на качественно новый уровень ее социально-культурный, санитарно-гигиенический и особенно экологический статус.

В мировой практике накоплен значительный арсенал атриумных зданий. В соответствии с эволюционным прогрессом они занимают все большее место в жилом, общественном и промышленном домостроении, при этом приемы их пространственной организации естественно «кочуют» из одной области строительства в другую. Архитекторы и градостроители удачно и разнообразно интерпретируют их в зависимости от конкретного функционального назначения зданий, в зависимости от окружающих градостроительных ситуаций и в зависимости от масштабности решаемых задач.

Исследовав в начале 2000-х годов интегральное функциональное наполнение атриумных жилых зданий в суровых, и не просто суровых, а суровых северных условиях, автор настоящей статьи впервые в пионерном формате исследовал их морфологию. При этом анализу подвергалась форма не только атриумного жилья, но и зданий общественного назначения через призму возможной реализации в жилье<sup>1</sup>.

Так, из литературных источников и из практики были выявлены одностенные атриумы (схема 1), прообразом которых является оранжерея. Остекление, расположенное по одну сторону от жилой части зданий, обеспечивает ветрозащиту, а при направленности на оптимальные в световом отношении румбы горизонта, естественное освещение помещений, размещенных в глубине здания и дополнительное солнечное отопление как атриума, так и здания в целом. Несмотря на сухость изначальной, аналоговой оранжерейной формы, в одностенных атриумах заложены широкие потенциальные возможности формообразования: это может быть полностью стеклянный фасад, это может быть остекленная его часть, это могут быть разнообразные по пластике и разрезке остекленные поверхности, это могут быть всевозможные комбинации стеклянных поверхностей с глухими стенами с традиционной проемностью. В применении к природно-климатическим северным условиям здания с одностенными атриумами можно использовать как световые ловушки, как аккумуляторы солнечного тепла и как буферные защиты от господствующих ветров.

<sup>1</sup> Назаренко И.К. Проектирование ресурсосберегающего жилья в суровых природно-климатических и жестких антропогенных условиях: Пособие по проектированию. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2004. – 264 с.

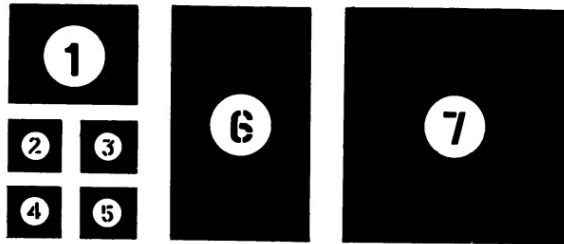
С определенной степенью условности можно считать, что двустенный атриум (схема 2) является разновидностью одностенного; по сути, это – остекленная угловая часть общего объема здания, расположенная между двумя, на угол соединенными, ризалитами. Можно считать, что этому атриуму присущи все достоинства и недостатки одностенного.

Очень широкое распространение как при строительстве, так и в экспериментальном проектировании за рубежом и в нашей стране получили линейные атриумные здания. Отметим, что в недалеком будущем этот морфотип может оказаться весьма перспективным при реконструкции существующих жилых массивов. Суть этих зданий заключается в том, что с помощью атриумных пространств объединяются отдельные ленточные объемы с размещенным в них жильем. При этом даже в основных схемах обеспечивается достаточное разнообразие форм: атриумное пространство то врезается между соединяемыми объемами на всю их высоту (схема 5), то врезается в верхнюю часть, оставляя соединительный подиум в уровне нижних этажей (схема 6), то устраивается в виде высотной «черезполосицы» (схема 8).

Все жилые здания с атриумом линейного характера приемлемы для реализации в жилищной архитектуре. С их помощью, как правило, формируются крупномасштабные жилые здания и комплексы, включая дома-поселки. С точки зрения природно-климатической географии все отмеченные типы могут быть использованы в условиях Севера, одни в ближайшее время, другие только в отдаленной перспективе. Анализ объемно-пространственных композиционных схем показывает, что линейные атриумы примерно равнозначны между собой, применение той или другой из них будет диктоваться конкретными условиями градостроительных площадок и требованиями функционального наполнения.

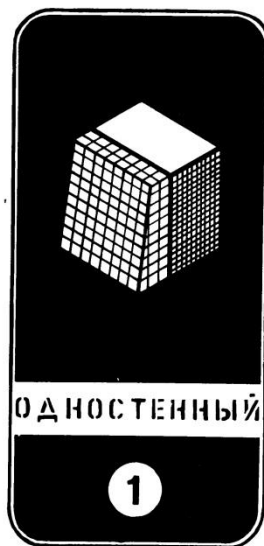
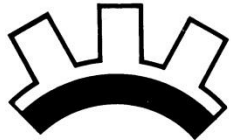
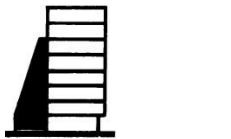
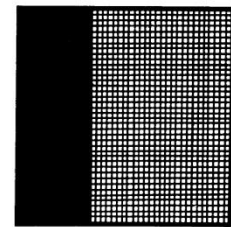
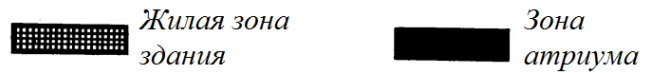
Основными достоинствами схем следует считать крупный градостроительный масштаб, наличие, наряду с верхними светопрозрачными покрытиями, больших вертикальных остекленных ограждений, которые могут еще и комбинироваться с традиционными, при черезполосице. Во всех схемах обеспечивается максимальное раскрытие атриумных пространств в окружающую среду, что полностью устраняет чувство клаустрофобии у людей, находящихся внутри здания. Здания с линейными атриумами – предельно просты по коммуникационной организации, которая легко прочитывается людьми, находящимися как внутри здания, так

МОРФОЛОГИЯ АТРИУМОВ, ПРИМЕНИМЫХ ДЛЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ  
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

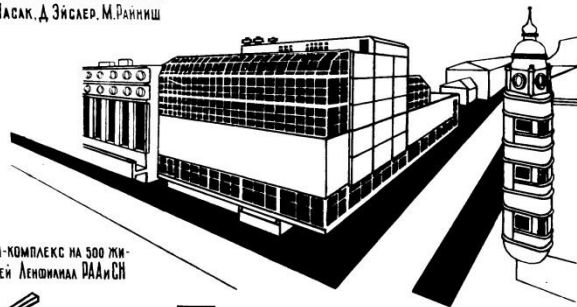


- 1 - схема плана основной формы
- 2 - 5 - разновидности основной формы (план, разрез)
- 6 - объемная схема основной формы (аксонометрия)
- 7 - примеры использования схем на практике (рисунки)

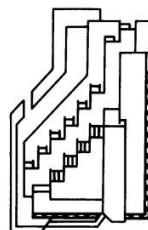
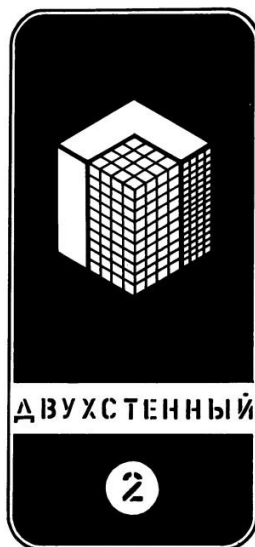
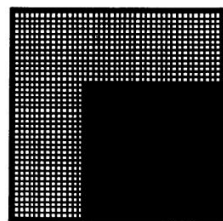
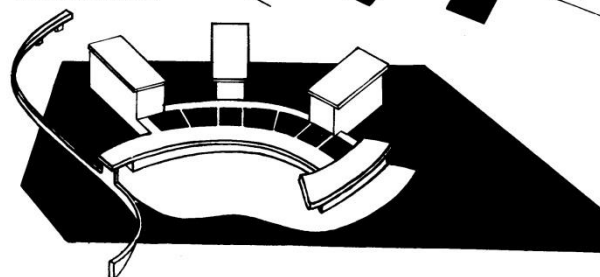
Условные обозначения на схемах планов основных форм:



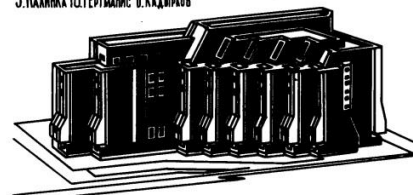
Универмаг в Праге арх. М.Масака, Д.Зяслера, М.Ранниш



Дом-комплекс на 500 жителей Ленинградская РААиСН

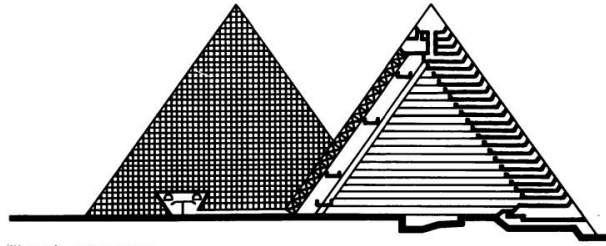
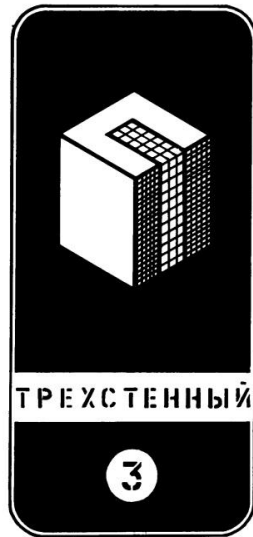
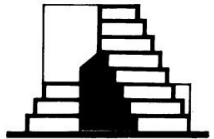
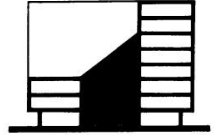
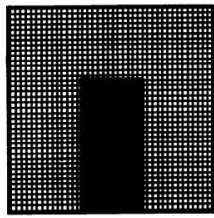


Гостиница "Ридзинс" в Риге арх. Э.Кляника Ю.Гертманиса В.Кладарков

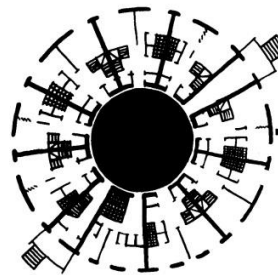
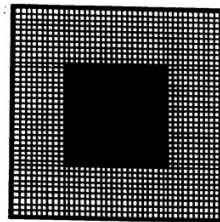
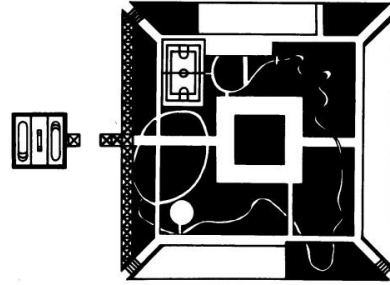


Здание Фонда Форда в Нью-Йорке арх. К.Роч, А.Динкеау

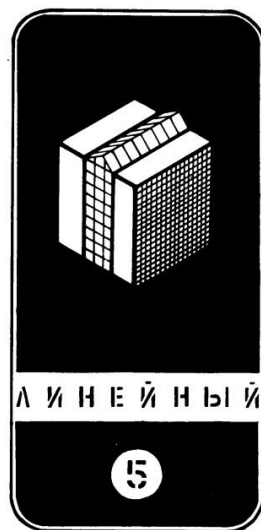
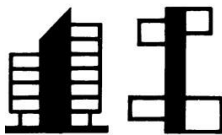
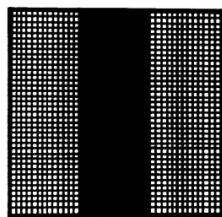
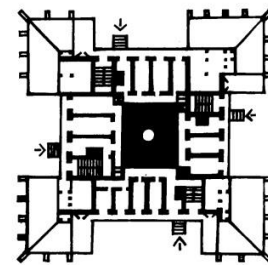
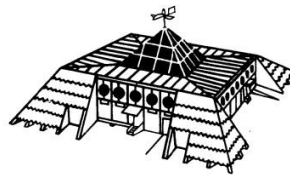




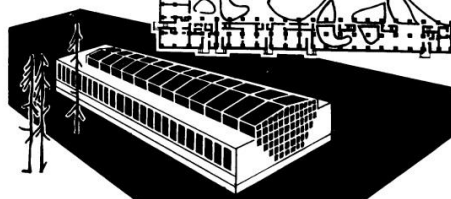
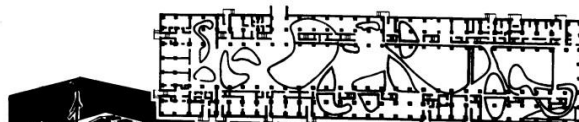
ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС  
АРХ. А. И. Е. ШИЛКОВЫ  
ПОПОВ Г. АБРИАМИН

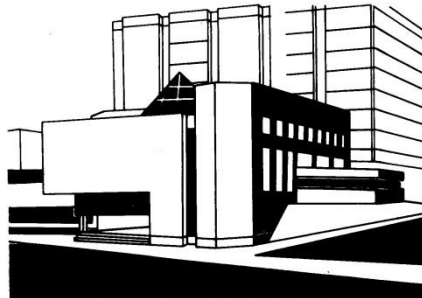
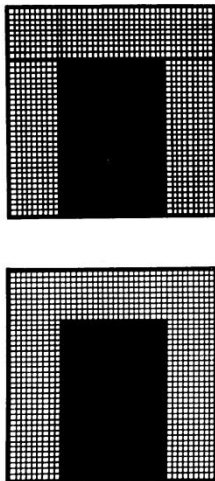
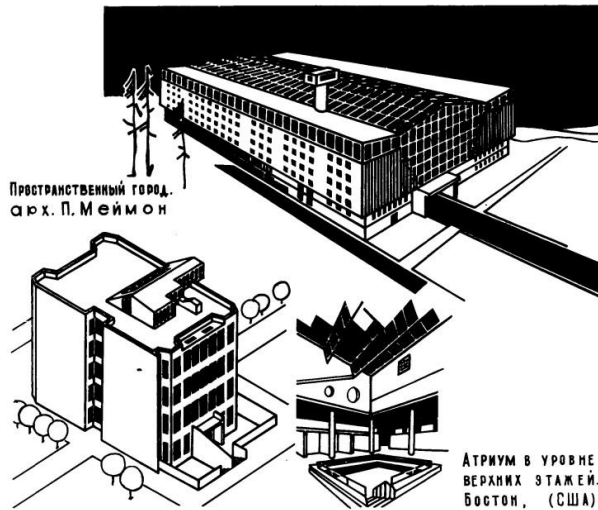
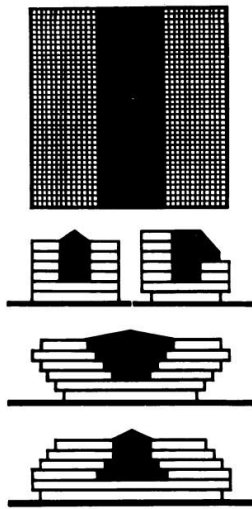


СЕЛЬСКИЙ ЖИЛОЙ ДОМ С ВНУТРЕННИМ ДВОРОМ, РОССИЯ АРХ. КОНОРЕВ

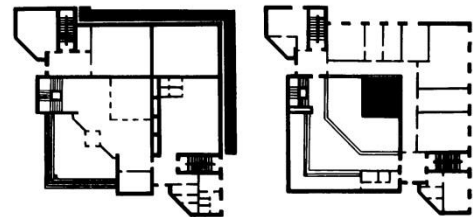


ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС, МОРИЯДСК, РОССИЯ АРХ. ТРУШИНЪ

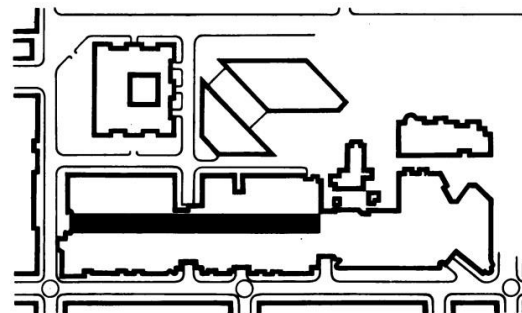
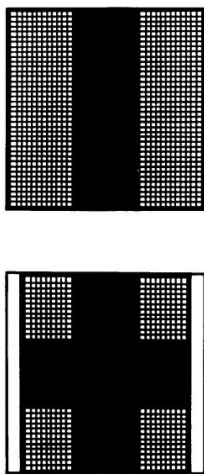




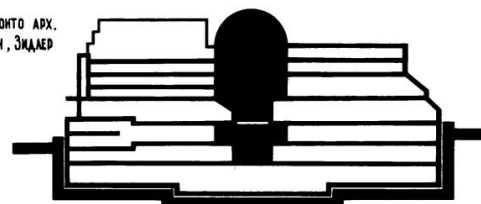
ЗДАНИЕ ВНЕШТОРГБАНКА  
в г. Минске арх. О. Воробьев



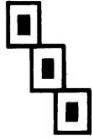
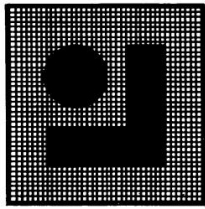
7-7



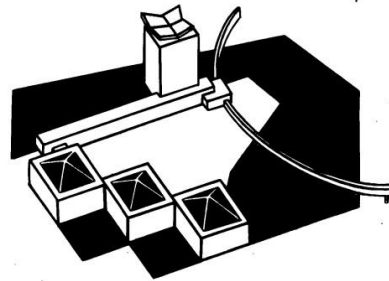
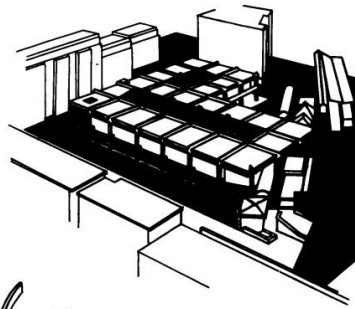
ИТОН-ЦЕНТР, ТОРОНТО АРХ.  
БРЕГМАН, ХАММАН, ЗИДАЕВ



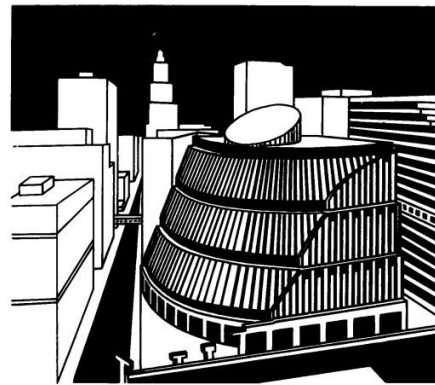
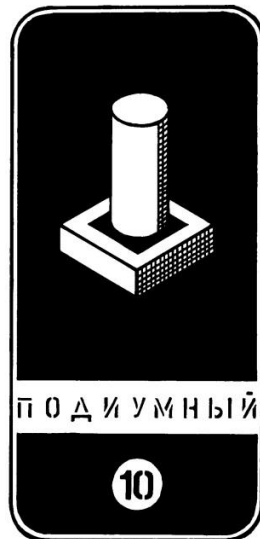
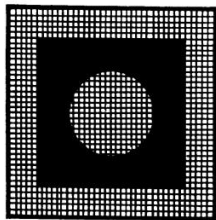
8-8



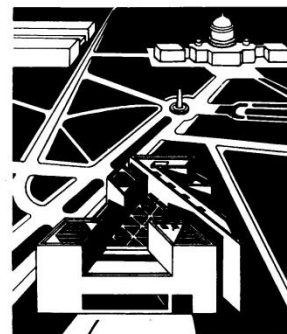
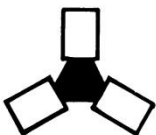
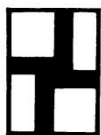
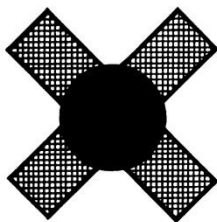
Офис канцелярии дороги в Берлине  
Арх. М. Шауст и А. Хоффман



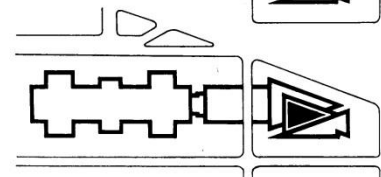
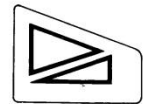
Дом-комбаекс на 500 жителей  
Ленинградский филиал РААСИ

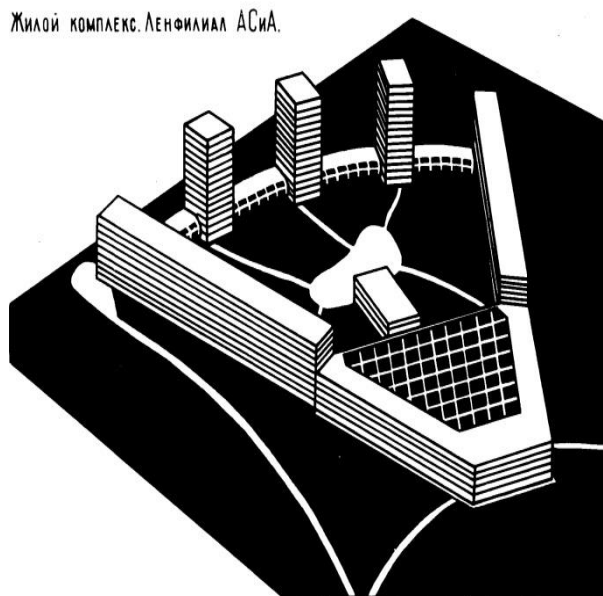
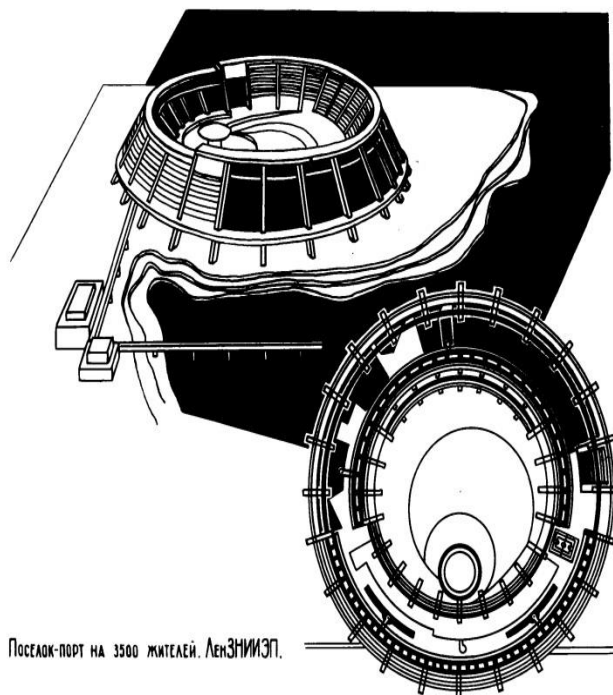
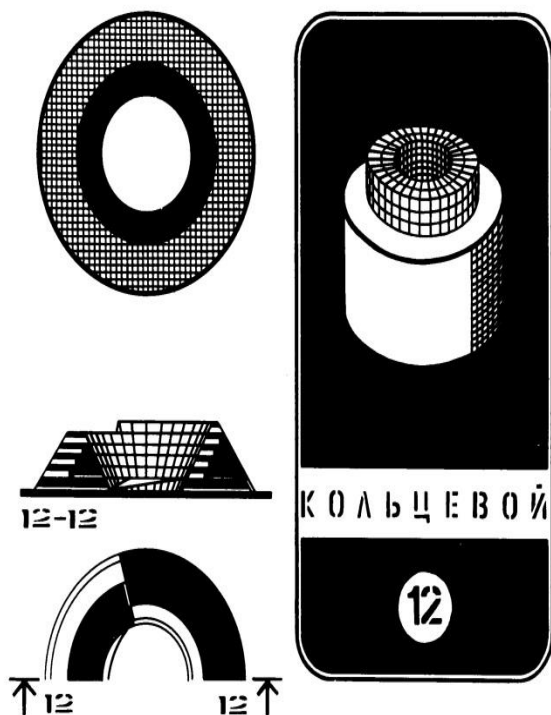


Офис Иллинойс-центра  
Чикаго. Арх. В. Лестер



Национальная художественная галерея, Вашингтон. Арх. И. Пей





и за его пределами. Все линейные схемы, вне сомнения, можно использовать при реконструкции существующей и эксплуатируемой в настоящее время жилой застройки, объединяя близкорасположенные типовые объемы жилых зданий с помощью остекленных плоскостей, продлевая срок их эксплуатации и одновременно «вдыхая» в них новое функциональное содержание.

Недостатками схем можно считать: сложность материально-конструктивной реализации больших остекленных плоскостей, значительные теплопотери через эти плоскости и, наконец, сложность технического обслуживания при снеготаносах и при организации солнцезащиты.

Здания, в составе которых предусматриваются трехстенные атриумы (схемы 3 и 7), в сравнении с линейными в превосходной степени корреспондируются с интегральными

схемами формирования ячейковой застройки в суровых природно-климатических условиях Севера. Собственно жилые части этих зданий имеют подковообразную, более глухую форму, ориентированную и раскрытую только на один фасад. Такое одностороннее раскрытие композиции при правильной ориентации по сторонам горизонта обеспечивает одновременно защиту от господствующих ветров, оптимальную направленность по солнцу и, как следствие, экономию тепловых ресурсов. Дополнительная теплоизоляция здесь достигается также за счет меньшей площади остекления атриумных пространств. Достоинством трехстенных атриумов является также то, что они в равной мере приемлемы для больших зданий и комплексов и для жилых зданий малых объемов и этажности (вплоть до многоквартирных зданий).

К недостаткам трехстенных атриумов следует отнести то, что их нельзя применять в зданиях с глубинной объемно-пространственной структурой в связи с тем, что жилые помещения, расположенные в глубине атриума (считая в направлении от вертикальной его стенки), не получают достаточного естественного освещения, что влечет за собой определенные трудности в пространственной организации квартир.

**Центральнорасположенные атриумы** (схемы 4 и 9) получили широкое распространение в зданиях средней величины. Они выполняются в виде ленточного кольцевого объема с внутренним замкнутым двором, который раскрывается в окружающее пространство только поверху. Широким распространением эти атриумы, вероятно, обязаны их максимальной теплозащитной роли. Атриумы имеют небольшую величину и, как правило, приурочиваются к вертикальным коммуникациям. Раскрытые только в одну сторону (в небо), они незначительно прослабляют здание в тепло-техническом отношении и обеспечивают все квартиры, расположенные в кольце, сквозным проветриванием. Что касается естественного освещения жилых помещений, оно легко регулируется шириной ленты кольца. Освещение самого атриумного помещения затруднено тем, что атриум имеет колодецеобразную форму, при низком северном солнцестоянии освещается на небольшую глубину и требует устройства световодов, искусственного или комбинированного освещения. В материально-конструктивном отношении, атриумы решаются сравнительно легко, так как имеют незначительные пролеты. С функциональной точки зрения они уступают другим атриумам из-за своей за-

мкнутости, что неизбежно рождает у людей, проживающих в таких зданиях, не только чувство защищенности, но и изоляции. Центральнорасположенные атриумы в зависимости от конкретных объемно-планировочных решений допускают определенную свободу в комбинациях покрытий (схема 9).

**Радиально-центрические атриумы** (схема 11) являются дальнейшим развитием центральнорасположенного в направлении обогащения его объемно-пространственного решения и пластики. В них атриумное пространство с определенным шагом по периметру раскрывается в окружающую среду, за счет чего первое увязывается со второй. Расчлененное контурное кольцо дает ярко выраженные пластичные объемы, увеличивая площадь наружного ограждения и через это, теплоотдачу в окружающее пространство. В остальном эти атриумы (по достоинствам и недостаткам) аналогичны центральнорасположенным.

**Кольцевой и радиально-кольцевой атриумы** (схемы 12 и 13) идентичны и представляют собой кольцевые остекленные объемы, к которым по контуру примыкают либо отдельные ризалиты, либо опоясывающий кольцевой объем собственно жилья. И тот и другой типы характерны для крупных жилых комплексов, допускают различную вариантность объемно-планировочных схем.

Основным достоинством зданий с атриумными кольцами является то, что внутри замкнутых колец находятся открытые внутриатриумные дворы. Такой пространственный прием позволяет в наибольшей мере визуально связать внутреннее пространство с наружным, обеспечивая то сквозную открытость двора в окружающее пространство, то открытость его только в солнечную сторону небосвода.

Основным недостатком кольцевого атриума является его раскрытость только внутрь двора. При строительстве зданий в районах с суровым климатом, этот недостаток во многом сглаживается приобретением повышенных теплозащитных свойств.

Радиально-кольцевому атриуму присущи все достоинства и недостатки радиально-центрического атриума, однако первый превосходит второй наличием дополнительного открытого внутриатриумного двора.

**Выводы.** Анализ морфологии атриумных зданий позволил выявить наиболее часто употребляемые в жилищном домостроении формы. Поскольку атриумные здания являются новым развивающимся эволюционным типом жилища, разработанная морфология позволит в перспективе с большим пониманием приме-

нять те или иные типы. При решении конкретных градостроительных узлов на долю архитекторов и инженеров остается только правильная трактовка основных форм, привязка их к конкретному градостроительному ландшафту и, главным образом, решение технических вопросов. В условиях Севера – это обеспечение требуемого светового климата при

низком региональном солнцестоянии, обеспечение требуемого аэрационного и оптимального температурного режимов.

В заключение отметим, что Северу не миновать строительства атриумных жилых зданий.

© 2016 г. *И.К. Назаренко*  
Поступила 11 апреля 2016 г.



УДК 711.4-168:725.4

*Р.А. Дрожжин, Е.А. Благиных*

Сибирский государственный индустриальный университет

## **РЕАБИЛИТАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

Протяженные территориальные пространства промышленных предприятий, сложившиеся в период стремительного роста индустриальных городов Кемеровской области, становятся угрозой их устойчивого развития. При въезде в крупные города по автомобильным или железным дорогам повсюду видны многочисленные пустые коробки производственных зданий, высокие кирпичные трубы заводов, гигантские терриконы разрезов и шахт. Большая часть этих индустриальных объектов и сооружений прекратили свою деятельность в девяностые годы XX века и на данный момент являются только напоминанием о былом величии.

В настоящее время выявилась проблемная ситуация в градостроительном использовании промышленных территорий, расположенных как в центре, так и на периферии индустриальных городов. Территории промышленного производства как и коммунально-складские зоны окружают жилые образования: жилой и общественной застройке нет места для развития. Поэтому новое строительство приходится планировать на неосвоенных территориях в границах городского округа. Такое строительство является более дорогостоящим и трудоемким, так как помимо самих зданий требует возведения дорог, прокладки сетей и коммуникаций. Во вновь возведенных районах в первое время слабо развита инфраструктура, а бывшие в промышленном использовании территории по факту остаются пустующими.

За долгие годы эксплуатации и работы промышленные объекты становятся ветхими, устаревают морально и физически, территории деградируют и не используются. Назрела необходимость очистить такие земельные участки, снести расположенные на них здания индустриального назначения в том случае, если они не представляют исторической или культурной ценности.

Пространства промышленных зон (промзоны) являются потенциалом для обустройства общественных территорий с улучшением качества городской жизни и инфраструктурного обслуживания. Этот потенциал можно реализовать посредством повторного использования

(реабилитации, рефункционализации или реновации) промышленных территорий. Такой путь сложен как в социально-экономическом, так и в административном аспектах, но пройти его необходимо.

Промзоны давно существуют в структурах индустриальных городов Кемеровской области, зачастую они располагаются непосредственно в их центрах. Положение таких территорий определяет их инвестиционную привлекательность: в наличии близость и высокая плотность объектов социальной и культурной инфраструктуры, ресурсы инженерно-технических и транспортных коммуникаций. Суть любой реабилитации заключается в максимально эффективном использовании возможностей территории, обеспечении ее устойчивого развития, повышении конкурентоспособности и развитии социально-экономического потенциала.

Тенденции современной рефункционализации старых производственных территорий в Европе [1] и Америке привели к появлению ряда успешных проектов, когда промышленные зоны индустриальных городов, имеющих доступ к рекам или транспортным магистралям, вновь обрели свою привлекательность. Важными условиями реализации таких проектов являются политика сдерживания экстенсивного развития территорий и нехватка свободных мест в городах для точечного строительства.

Опираясь на положительные зарубежные и отечественные (города Москва, Екатеринбург) примеры реновации промышленных территорий, в настоящей работе рассмотрены проблемы экономического, архитектурно-композиционного, политического характера в реабилитации промышленных территорий одного из крупнейших городов Кемеровской области – Новокузнецка, предложены варианты решений, последовательность их реализации.

Следствием генезиса и реализации модели социалистического города (с 30-х годов XX до начала XXI века) является разноголосица в предложениях: куда и как развиваться такому большому промышленному городу, как Ново-



Рис. 1. Генеральный план территории завода и города в 30-е годы XX в.

кузнецк. Город представляет собой конгломерат исторически сложившихся поселков или микрорайонов вблизи градоформирующих предприятий. Территории промышленного города расчленены производственными площадками и железнодорожными путями.

Город Новокузнецк (исторический Кузнецк, XVII – XIX вв.) изначально формировался как поселение при «Кузнецкой крепости», где селитебная территория и производственная зона составляли единое целое, жилье непосредственно примыкало к местам приложения труда. Мощное развитие город получил в период индустриализации СССР в первой трети XX века со строительством Кузнецкого металлургического комбината (рис. 1) и в дальнейшем при эвакуации на его территорию заводов из центральных районов России во время Великой отечественной войны. Поэтому с середины 30-х до 70-х годов XX века планировочная структура города складывалась в соответствии с линейной схемой, с учетом отведения земель для производственных площадок с большим балансовым запасом для дальнейшего развития. Все поиски градостроительных решений сводились к задачам размежевания различных функциональных зон и обеспечения их функциональной связанности.

«Поселковость», «рыхлость» функционально-пространственной структуры Новокузнецка выявляют противоречия современного генерального плана. Следствием «промышленного» развития пространственной структуры го-

рода по принципу «социалистического города» является то, что в нем исторически уже сформировались несколько центров активности и векторов развития при наличии обширного городского центра. Такой полицентризм может стать достоинством в том случае, если он в большей мере (интегрально) будет повышать ценность (стоимость) городской земли и увеличивать привлекательность той или иной городской территории. Полицентрический подход в меньшей мере, чем моноцентризм, наталкивается на пространственные и инфраструктурные ограничения.

План города Новокузнецка имеет расчлененную радиальную структуру, расходящуюся от центра (бывший соцгород и железнодорожный вокзал) подобно звезде. Город расположен на крупной водной артерии – реке Томь, вытянулся вдоль нее на значительное (45 – 50 км) расстояние; другие части территории города раскинулись далеко в поперечном от реки направлении. В реку Томь впадают горные реки Кондома и Мрассу, несущие свои воды с южных районов Кузбасса и горной Шории. Разливаясь весной и при обильных осадках, реки Томь и Кондома (на территории города) создают еще и естественный фактор разделения структуры городского пространства. Поэтому для Новокузнецка характерным является чрезмерная длина коммуникаций и высокая стоимость транспортно-технического обслуживания. У города существенный недостаток – фактическое расчленение территории на ряд насе-

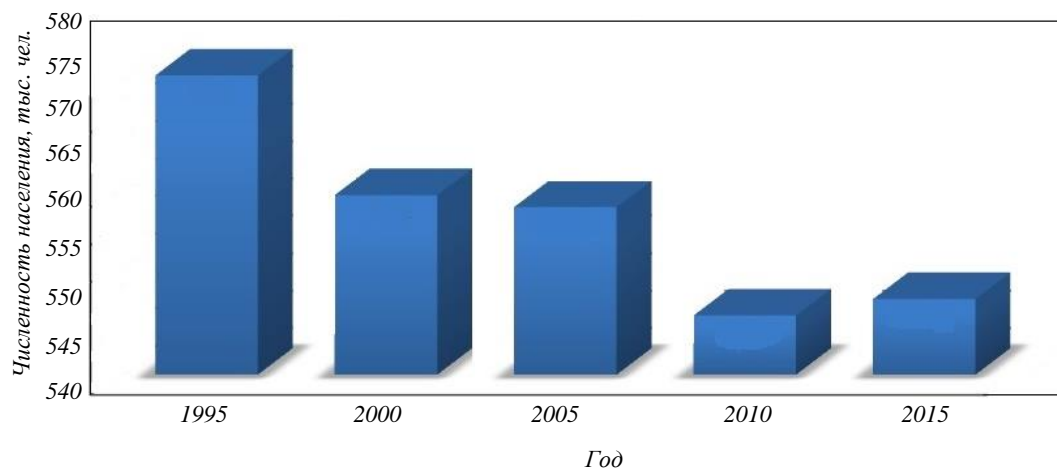


Рис. 2. Изменение численности населения города Новокузнецка

ленных мест, в значительной степени обособленных друг от друга. К этому следует добавить и низкое качество системы общественного и культурно-бытового обслуживания населения.

Такое планировочное развитие города привело к появлению многочисленных депрессивных пространств, запущенных территорий в периферийной части города, возникновению разорванной планировочной и микроэкономической городской структуры, транспортным проблемам.

Существование таких городских пространств, сложившихся в период стремительного индустриального роста, становится угрозой для устойчивого развития города. Усиливаются такие проблемы, как социальная сегрегация населения, преступность, неблагоприятная экологическая ситуация, растущие цены на земельные участки, проблемы транспортного обслуживания и грузовых перевозок, нарастающий уровень амортизации инженерно-технической и социальной инфраструктуры, упадок и обветшание старых районов.

Приведем некоторые опорные положения, которые позволяют утверждать, что Новокуз-

нецк находится в точке перелома или в драматической точке выбора вектора развития:

- негативный тренд в развитии демографической ситуации: отток активной части жителей из города [2] при нисходящей динамике притока новых жителей – угроза депопуляции (рис. 2);

- плотность населения ниже необходимой для стабильного уровня экономической эффективности использования городской инфраструктуры (рис. 3);

- расселение не соответствует расположению инфраструктуры в городе: городские территории заняты низкоплотной и разрозненной застройкой [3] (рис. 4);

- отсутствие качественного благоустройства города: площадь свободных территорий не соответствует возможностям их содержания;

- повышение пропускной способности улично-дорожной сети для личного транспорта сопровождается сокращением объемов перевозок на общественном транспорте;

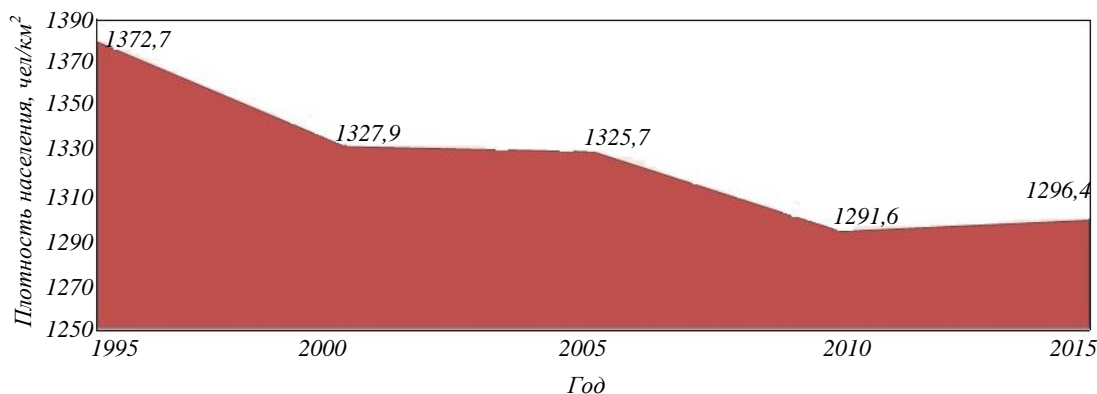


Рис. 3. Изменение плотности населения города Новокузнецка по годам

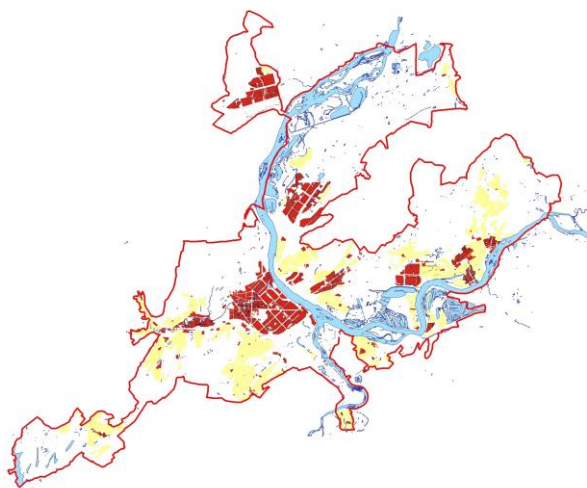
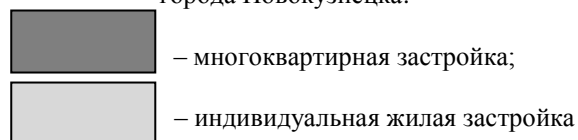


Рис. 4. Распределение жилой застройки в структуре города Новокузнецка:



– низкая пропускная способность мостов (ниже пиковой нагрузки в часы-пик), являющихся единственным способом связи между районами города;

– техническое состояние коммунальной инфраструктуры характеризуется высоким уровнем износа, высокой аварийностью, низким коэффициентом полезного действия и большими потерями энергоносителей.

Итак, громоздкая, изношенная, не комплексная и дорогостоящая в содержании инфраструктура, неблагоустроенная городская среда, низкая платежеспособность населения, ориентирующая бизнес на товары и услуги среднего качества, в целом характеризуют город как близкий к неустойчивому состоянию.

В результате осуществления государственной политики развития промышленности (в том числе металлургии как сектора экономики) Новокузнецк имеет мощную и разнообразную индустрию, что является безусловно ценностью для города. Доля промышленных зон в Новокузнецке составляет 31 %, в то время как в европейских крупных городах она не превышает в среднем 5 – 10 %, но по выпуску продукции эти города опережают Новокузнецк в несколько раз.

Немаловажным в обеспечении безопасной среды обитания является учет потенциальной опасности промышленных предприятий, расположенных на территории города. Новокузнецк как индустриальный город обладает набором промышленных территорий, разли-

чающихся по классам негативного воздействия на среду. По сравнению с предыдущими градостроительными планами существенно сокращены территории размещения предприятий I и II классов вредностей, требующих больших санитарных разрывов между промышленными площадками и жилой застройкой.

Функциональное зонирование города предпочтительней выполнять не путем «закрепления» существующего расположения промышленно-коммунальных зон, а по технологии их «нового» размещения. Производства III и IV классов вредностей, требующие по действующим санитарным нормам разрывы до 300 – 500 м, расположены вблизи границ жилых районов города (на периферии селитебной территории). Функциональные зоны предприятий с неогнеопасными и невзрывоопасными процессами производства, не производящими шума, с небольшим грузооборотом, не требующие железнодорожного транспорта, с низким уровнем воздействия на окружающую среду и население (как правило, это предприятия V класса) размещены внутри жилых районов.

Таким образом, существующим территориям, занятым промышленными предприятиями, назначены допустимые классы вредности, исходя из предполагаемого сокращения негативного воздействия их влияния на жилую застройку в будущем. Определение функциональных зон с более низким классом вредности не означает сокращения санитарно-защитных зон для предприятий или того, что предприятия будут вынуждены прекратить свою деятельность. Этим инструментом формируются предпосылки для реабилитации промышленных зон. Собственники предприятий не обязаны «сворачивать» или модернизировать производство, просто возникает правовая возможность для использования своих свободных территорий с пониженным классом вредности и устанавливается ограничение на размещение на тех же свободных территориях производств высокого класса экологического воздействия. Такой подход в функциональном зонировании расширяет спектр использования земельных участков под заводами, позволяет наиболее эффективно использовать занимаемые площадки.

В результате градостроительной реабилитации производственных территорий Новокузнецка в долгосрочной перспективе можно ожидать достижения следующих показателей:

– сокращение территории производственно-го назначения;

– использование высвобожденных территорий в качестве внутригородских резервов для жилищного строительства, для развития и реабилитации территорий природного комплекса;

– снижение класса вредности территорий производственного использования;

– сокращение городских территорий, попадающих под воздействие санитарно-защитных зон;

– улучшение состояния окружающей среды и санитарно-гигиенических условий проживания за счет ликвидации экологически опасных объектов реорганизуемых промышленных зон;

– технологическое переоснащение производственных объектов сохраняемых промышленных зон, обеспечивающее сокращение допустимого размера санитарно-защитных зон предприятий до границ участка.

Городская политика преобразования промышленных территорий станет эффективной при реализации следующих положений:

– при реконструкции и модернизации промышленные территории должны интегрироваться в городскую среду в соответствии с архитектурной и планировочной организацией городских кварталов. Планировка промышленных территорий, применяемые на производстве технологии и архитектурный облик должны стать дружественными городу:

– стимулирование сохранения и размещения в городе производств с отсутствием отрицательного воздействия на окружающую среду;

– сдерживание расширения застраиваемых территорий, в том числе и селитебного назначения;

– креативное использование архитектурных особенностей и имеющейся инфраструктуры промышленных объектов или модернизация их под нужды развития (новых технологий, системы образования, малого бизнеса, творчества и досуга);

– развитие технопарков, научных городков, бизнес-парков непосредственно в структуре города, последовательное замещение изживших функций застроенных промышленных территорий;

– отслеживание инициатив владельцев промышленных объектов и субъектов – потенциальных пользователей промышленных «излишков» – и своевременное реагирование на их желания для возможности поиска решения задачи модернизации промышленных территорий.

Предлагаем к рассмотрению несколько вариантов (методов) преобразования бывших промышленных территорий, которые допу-

стимо и возможно применить для достижения устойчивого развития города.

### ***Преобразование в общественно-деловую и торговую зону***

Суть метода заключается в полной или частичной рефункционализации территории и находящихся на ней объектов. Удобное расположение около магистралей общегородского значения, расположение вблизи остановок общественного транспорта, возможность привлечения большого количества людей создают привлекательность для инвесторов и девелоперов. Бывшие производственные здания просто реконструируются под объекты торговли, а их административные блоки – в офисные здания.

Хорошим вариантом организации общественного пространства в здании бывшего цеха будет создание музея или концертного зала с благоустройством прилегающей территории.

### ***Преобразование в жилую зону***

Как уже отмечалось выше, промышленные предприятия разделяются на классы по степени вредности производств. Если производство относилось к низкой степени опасности, возможна реновация под жилье. Такая практика широко распространена в странах Европы с ранним индустриальным развитием (Англия, Нидерланды, Германия). Старые мануфактурные производства начала XX века были закрыты или перенесены, оставив после себя пустые цеха. Здания бывших производств, построенные из кирпича и бетона, имели довольно высокие потолки, что позволяло создавать просторные апартаменты и многоуровневые квартиры (лофты). Подобное жилье стало пользоваться популярностью у мелких предпринимателей и людей, занимающихся творчеством, желающих совмещать жилье и мастерскую.

Возможен также вариант реновации территории с новым строительством без сохранения существующих объектов. Например, на месте бывших открытых складов после расчистки земли на высвободившейся территории можно построить небольшой жилой комплекс или даже квартал.

### ***Преобразование в зону зеленых насаждений***

Реновация территории промышленных предприятий с высоким классом опасности является самой сложной. Здесь необходимо провести экологическое обследование территории, по заключению которого сделать выводы, в каком направлении можно развивать проектирование. На территории бывшего металлургического комбината люди вряд ли ста-

ли бы покупать новое жилье, а вот вариант создания зеленой зоны на бывшей промышленной площадке является наиболее эффективным и целесообразным.

**Выводы.** Реновация производственных территорий, реабилитация и перепрофилирование промышленных предприятий – сложный многоэтапный процесс, требующий отработанной системы взаимодействия органов городской администрации, федеральных служб, предприятий, инвесторов, финансовых структур. Для устойчивого развития город должен решить эту задачу, найти способ эффективного использования избытков промышленных площадей для размещения нового бизнеса без освоения свободных территорий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. L a y l a D a w s o n. Mixed media – architectural design of an art center in Karlsruhe, Germany. – The Architectural Review, 1998. April.
2. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). База данных муниципальных образований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gks.ru/dbscripts/munst/munst32/DBInet.cgi?pl=8112027> (Дата обращения 17.04.2016).
3. Генеральный план Новокузнецкого городского округа: Схема. Современное использование территорий. – СПб.: ФГУП РосНИПИУрбанистики, 2010.

© 2016 г. Р.А. Дрожжин, Е.А. Благиных  
Поступила 17 мая 2016 г.

*А.И. Фомин, А.Н. Поздняков, С.А. Лежава, И.С. Семина*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ОЦЕНКА ТЕМПА ИЗМЕНЕНИЯ РИСКА И ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА В РЕЗУЛЬТАТЕ ТРАВМАТИЗМА, АВАРИЙНОСТИ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Определение направлений повышения эффективности финансовых затрат на мероприятия в области охраны труда для конкретных электроэнергетических предприятий (ЭЭП) сдерживается отсутствием методик анализа влияния инвестиций в обеспечение безопасности и надежности на характеризующие их основные показатели: травматизм и аварийность. Для разработки указанной методики предлагается рассматривать ЭЭП как закрытую систему «черный ящик», внешним воздействием на которую являются финансовые затраты на мероприятия по охране труда и промышленной безопасности, а выходным сигналом – текущая информация о состоянии системы управления охраной труда (СУОТ), устанавливаемая по величинам экономических ущербов и рисков от травматизма и аварийности (рис. 1).

Не вдаваясь в исследование сложных организационных и технических вопросов, происходящих внутри данной системы, проведем анализ ответной реакции СУОТ на ЭЭП по уровню фактического экономического ущерба и риска в результате травматизма и аварийности. По величине указанной реакции предлагается дать оценку эффективности предотвращения травматизма и аварийности на ЭЭП. Анализ величины экономического ущерба и риска в результате травматизма и аварийности на ЭЭП в зависимости от понесенных затрат на их предотвращение позволяет принимать аргументированные решения по перераспреде-

нию последних для управляемого снижения уровня риска.

По данным работы [1] и годовых отчетов в табл. 1 приведены результаты расчетов коэффициентов частоты травматизма ( $K_{\text{ч}}$ ), тяжести травматизма ( $K_{\text{т}}$ ), общего травматизма ( $K_{\text{общ}}$ ) в ОАО «ЮК ГРЭС» в 2000 – 2014 гг. В соответствии с методикой [2] проведена оценка фактического экономического ущерба  $Y_{\text{нс.факт}}$  в результате травматизма в 2000 – 2014 гг. (в ценах 2014 г.). С целью приведения к единому масштабу цен годовые затраты ( $Z_{\text{от}}$ ) на мероприятия по охране труда переведены в цены 2014 г. из расчета уровня инфляции (в среднем 6 % в год).

По данным работы [3] и годовых отчетов в табл. 2 приведены экономические показатели аварийности в ОАО «ЮК ГРЭС» в 2000 – 2014 гг. С целью приведения к единому масштабу цен фактический экономический ущерб за год от аварий и инцидентов ( $Y_{\text{ав.факт}}$ ) и суммарные затраты за год на мероприятия по предотвращению аварий и инцидентов ( $Z_{\text{ав}}$ ) переведены в цены 2014 г. из расчета уровня инфляции (в среднем 6 % в год).

По данным табл. 1 и 2 выполним линейаризирующие преобразования и методом наименьших квадратов [4] получим эмпирические зависимости количества несчастных случаев ( $N_{\text{нс}}$ , чел.) от годовых затрат на мероприятия по охране труда ( $Z_{\text{от}}$ , млн. руб.) (1); фактического экономического ущерба в результате травматизма ( $Y_{\text{нс.факт}}$ , млн. руб.) от годовых



Рис. 1. Упрощенная система с обратной связью для оценки эффективности предотвращения травматизма и аварийности на ЭЭП

## Показатели охраны труда в ОАО «ЮК ГРЭС» с 2000 по 2014 гг.

Год	Количество несчастных случаев за год	$K_{\text{ч}}$	$K_{\text{т}}$	$K_{\text{общ}}$	$Y_{\text{нс.факт}}$ , млн. руб./год	$Z_{\text{от}}$ , млн. руб./год	$Z_{\text{от}}$ , млн. руб./год (с учетом уровня инфляции)
2000	4	3,922	28	109,80	0,2575	0,877	1,614
2001	4	3,972	26,5	105,30	0,2500	1,256	2,236
2002	2	2,250	36	80,10	0,1488	2,145	3,689
2003	1	1,295	30	38,90	0,0669	2,769	4,597
2004	2	3,759	32	120,40	0,1388	2,946	4,714
2005	0	0	0	0	0	7,280	11,211
2006	1	1,869	33	61,70	0,0706	10,959	16,219
2007	1	1,862	53	98,70	0,0956	9,281	13,179
2008	1	1,572	201	316,10	0,2806	9,262	12,596
2009	3	4,016	34	136,50	0,2156	9,837	12,788
2010	3	4,082	42	171,40	1,2981	12,984	16,100
2011	1	1,370	48	65,76	0,0894	13,943	16,453
2012	1	1,280	17	21,76	0,0506	12,938	14,491
2013	0	0	0	0	0	10,373	10,995
2014	1	1,290	44	56,76	0,0844	12,046	12,046

затрат на мероприятия по охране труда ( $Z_{\text{от}}$ , млн. руб.) (2); коэффициента частоты травматизма ( $K_{\text{ч}}$ ) от годовых затрат на мероприятия по охране труда ( $Z_{\text{от}}$ , млн. руб.) (3); коэффициента тяжести травматизма ( $K_{\text{т}}$ ) от годовых затрат на мероприятия по охране труда ( $Z_{\text{от}}$ , млн. руб.) (4); количества инцидентов ( $N_{\text{инц}}$ , ед.) от годовых затрат на мероприятия по предотвращению аварий и инцидентов ( $Z_{\text{ав}}$ , млн. руб.) (5); фактического экономического ущерба от аварий и инцидентов ( $Y_{\text{ав.факт}}$ , млн. руб.) от годовых затрат на мероприятия по предотвращению аварий и инцидентов ( $Z_{\text{ав}}$ , млн. руб.) (6); количества несчастных случаев и инцидентов ( $N_{\text{нс.инц}}$ , ед.) от суммарных годовых за-

трат на мероприятия по охране труда и предотвращению аварий и инцидентов ( $Z_{\Sigma}$ , млн. руб.) (7); суммарного фактического экономического ущерба от несчастных случаев, аварий и инцидентов ( $Y_{\Sigma\text{факт}}$ , млн. руб.) от суммарных годовых затрат на мероприятия по охране труда и предотвращению аварий и инцидентов ( $Z_{\Sigma}$ , млн. руб.) (8). Указанные зависимости представлены в табл. 3.

Математические модели (1) – (3) показывают, что с ростом  $Z_{\text{от}}$  происходит снижение показателей травматизма  $N_{\text{нс}}$ ,  $Y_{\text{нс.факт}}$  и  $K_{\text{ч}}$ . Математическая модель (4) отражает негативную тенденцию роста  $K_{\text{т}}$ , сложившуюся в настоящее время в ОАО «ЮК ГРЭС» (рис. 2).

## Экономические показатели аварийности в ОАО «ЮК ГРЭС» с 2000 по 2014 гг.

Год	Количество инцидентов	$Y_{\text{ав.факт}}$ , млн. руб./год (с учетом уровня инфляции)	$Z_{\text{ав}}$ , млн. руб./год (с учетом уровня инфляции)
2000	17	3,936	240,5
2001	17	5,094	329,7
2002	13	2,399	481,4
2003	10	1,614	1166,5
2004	17	4,050	478,9
2005	14	0,926	393,8
2006	9	16,730	363,2
2007	14	8,117	408,8
2008	45	24,296	435,3
2009	40	35,846	442,4
2010	53	96,354	519,2
2011	29	53,402	694,1
2012	14	8,674	369,2
2013	26	32,688	520,7
2014	21	28,501	407,4



## Математические модели

Номер	Математическая формула	$r_{yx}$	$d_{yx}, \%$	$r_{yx \text{ расч.}}$	$t_{\text{расч.}}^{**}$	Формула
1	$N_{\text{нс}} = 0,7475 + \frac{5,476}{Z_{\text{от}}}$	0,7030	49,4	2,63*	3,56**	(1)
2	$Y_{\text{нс факт.}} = \frac{Z_{\text{от}}}{(10,385 Z_{\text{от}} - 9,045)}$	0,6453	41,6	2,24**	2,80**	(2)
3	$K_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{от}}}{(0,583 Z_{\text{от}} - 0,402)}$	0,8090	65,4	2,80**	4,56**	(3)
4	$K_{\text{т}} = \frac{Z_{\text{от}}}{(0,02641 Z_{\text{от}} + 0,00953)}$	0,6785	46,0	2,35**	3,06**	(4)
5	$N_{\text{инц}} = \frac{Z_{\text{ав.}}}{(0,09927 Z_{\text{ав.}} - 19,1)}$	0,8211	67,4	3,07*	5,19*	(5)
6	$Y_{\text{ав. факт.}} = \frac{Z_{\text{ав.}}}{(0,6485 Z_{\text{ав.}} - 194,41)}$	0,6980	48,7	2,61*	3,51*	(6)
7	$N_{\text{нс, инц}} = \frac{Z_{\Sigma}}{(0,09052 Z_{\Sigma} - 17,66)}$	0,8224	67,6	3,08*	5,21*	(7)
8	$Y_{\Sigma \text{ факт.}} = \frac{Z_{\Sigma}}{(0,6139 Z_{\Sigma} - 185,9)}$	0,6759	45,7	2,53*	3,31*	(8)

Примечание. \* $r_{\text{табл. } 0,05:14} = 0,497$ ,  $t_{\text{табл. } 0,05:13} = 2,16$  [4]; \*\*  $r_{\text{табл. } 0,05:12} = 0,532$ ,  $t_{\text{табл. } 0,05:11} = 2,20$  [4].

Таким образом, гипотезы о статистической значимости выборочных коэффициентов корреляции  $r_{yx}$  в табл. 3 подтверждаются.

Математические модели (5) – (8) показывают, что с ростом  $Z_{\text{ав}}$  и  $Z_{\Sigma}$  происходит снижение показателей аварийности  $N_{\text{инц}}$ ,  $Y_{\text{ав. факт.}}$ ,  $N_{\text{нс, инц}}$  и  $Y_{\Sigma \text{ факт.}}$ .

Расчет рисков возникновения несчастных случаев ( $R_{\text{нс}}$ ), аварий и инцидентов ( $R_{\text{ав}}$ ) и комплексного риска возникновения несчастных случаев, аварий и инцидентов ( $R_{\Sigma}$ ) на ЭЭП предлагается выполнять по формулам [5]:

$$R_{\text{нс}} = \frac{Y_{\text{нс факт.}} K_{\text{т}} K_{\text{в}}}{(Y_{\text{нс пред}} + Y_{\text{нс факт.}} K_{\text{т}} K_{\text{в}})}; \quad (9)$$

$$R_{\text{ав}} = \frac{Y_{\text{ав. факт.}} K_{\text{т}} K_{\text{в}}}{(Y_{\text{ав. пред}} + Y_{\text{ав. факт.}} K_{\text{т}} K_{\text{в}})}; \quad (10)$$

$$R_{\Sigma} = \frac{Y_{\Sigma \text{ факт.}} K_{\text{т}} K_{\text{в}}}{(Y_{\Sigma \text{ пред}} + Y_{\Sigma \text{ факт.}} K_{\text{т}} K_{\text{в}})}, \quad (11)$$

здесь  $K_{\text{т}}$  – коэффициент, соответствующий категории тяжести последствий;  $K_{\text{в}}$  – коэффициент, соответствующий классу вероятности возникновения опасной ситуации;  $Y_{\text{нс. пред}}$  – предотвращенный экономический ущерб от несчастных случаев за год, млн. руб.;  $Y_{\text{ав. пред}}$  – предотвращенный экономический ущерб от аварий и инцидентов за год, млн. руб.;  $Y_{\Sigma \text{ пред}} = Y_{\text{нс. пред}} + Y_{\text{ав. пред}}$  – суммарный предотвращенный ущерб от несчастных случаев, аварий и инцидентов за год, млн. руб.;  $Y_{\Sigma \text{ факт.}} = Y_{\text{нс. факт.}} + Y_{\text{ав. факт.}}$  – суммарный фактический ущерб от несчастных случаев, аварий и инцидентов за год, млн. руб. [5].

С целью оценки темпа изменения фактического экономического ущерба в результате травматизма и аварийности в ОАО «ЮК ГРЭС» на единицу затрат выполним диффе-

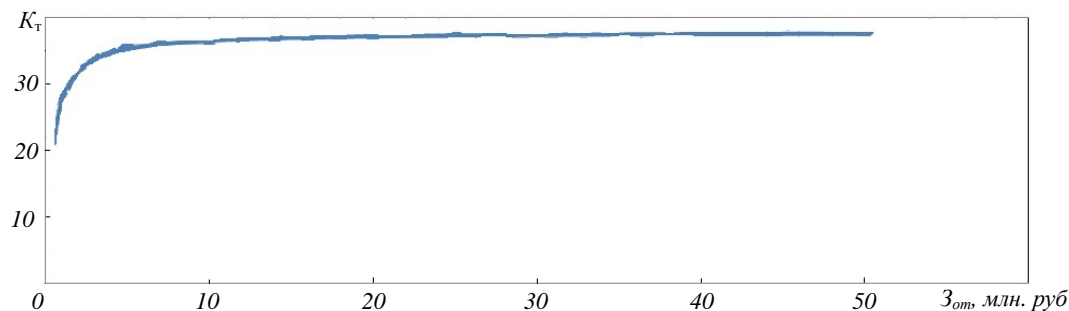


Рис. 2. Эмпирическая зависимость  $K_{\text{т}}$  от  $Z_{\text{от}}$  (млн. руб.) в ОАО «ЮК ГРЭС»

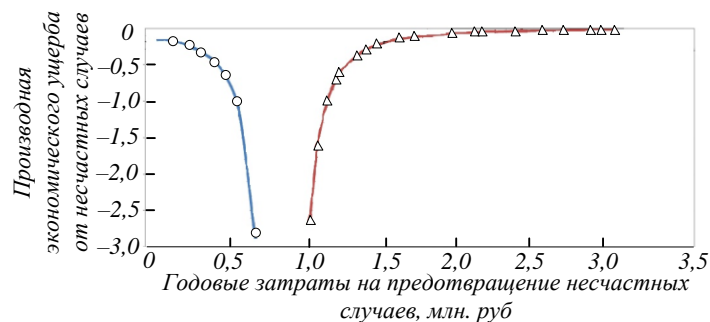


Рис. 3. Убывающая (○) и возрастающая (Δ) ветви производной фактического экономического ущерба от несчастных случаев

ренцирование формул (2), (6) и (8) и получим производные зависимости:

$$Y_{\text{нс факт}}^I = -9,045(10,385 Z_{\text{от}} - 9,045)^{-2}; \quad (12)$$

$$Y_{\text{ав факт}}^I = -194,41(0,6485 Z_{\text{ав}} - 194,41)^{-2}; \quad (13)$$

$$Y_{\Sigma \text{ факт}}^I = -185,9(0,6139 Z_{\text{от}} - 185,9)^{-2}. \quad (14)$$

Эти зависимости представлены на рис. 3–5.

Производная фактического экономического ущерба от несчастных случаев  $Y_{\text{нс.факт}}^I$  (12) представленная на рис. 3, имеет минимум при величине  $Z_{\text{от}} = 0,8708875$  млн. руб. Темп снижения  $Y_{\text{нс факт}}$  на единицу затрат в интервале от 0 до 0,8708875 млн. руб. наиболее высок (убывающая ветвь  $Y_{\text{нс.факт}}^I$  на рис. 3). Темп снижения  $Y_{\text{нс факт}}$  на единицу затрат в интервале от 0,8708875 до 3 млн. руб. оптимален (возрастающая ветвь  $Y_{\text{нс.факт}}^I$  на рис. 3). Темп снижения  $Y_{\text{нс факт}}$  на единицу затрат в интервале от 3 млн. руб. до бесконечности наиболее низок и асимптотически стремится к нулю, что свиде-

тельствует об экономической неэффективности такого уровня финансирования.

В ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000 – 2014 гг. диапазон колебаний указанных затрат (в ценах 2014 г.) составлял (табл. 1):  $1,614 \leq Z_{\text{от}} \leq 16,453$  млн. руб. При возрастании  $Z_{\text{от}}$  с 1 до 1,5 млн. руб., согласно (2)  $Y_{\text{нс факт}}$  снижается с 0,746 до 0,230 млн. руб., поэтому нижняя граница  $Z_{\text{от}}$  должна быть не менее 1,5 млн. руб.

С целью проведения расчетов  $R_{\text{нс}}$  определим с величину  $Y_{\text{нс пред}}$ . Согласно (2) при  $Z_{\text{от крит}} = 0,8708875$  млн. руб.  $Y_{\text{нс факт}} \rightarrow \infty$ , а при близком к  $Z_{\text{от крит}}$   $Z_{\text{от}} = 0,875$  млн. руб.  $Y_{\text{нс факт}} = 20,487$  млн. руб. Физический смысл  $Y_{\text{нс пред}}$  заключается в установлении его предельной величины в условиях, когда СУОТ практически не функционирует. Установленное расчетно-графическим методом значение  $Y_{\text{нс пред}} = 20,487$  млн. руб. подтверждается данными по предотвращенному экономическому ущербу из декларации промышленной безопасности [6], которая прошла процедуру экспертизы промышленной безопасности в 2009 г. и зарегистрирована в Центральном аппарате Ростехнадзора, № 08-ДБ-(Х)0184-2009.

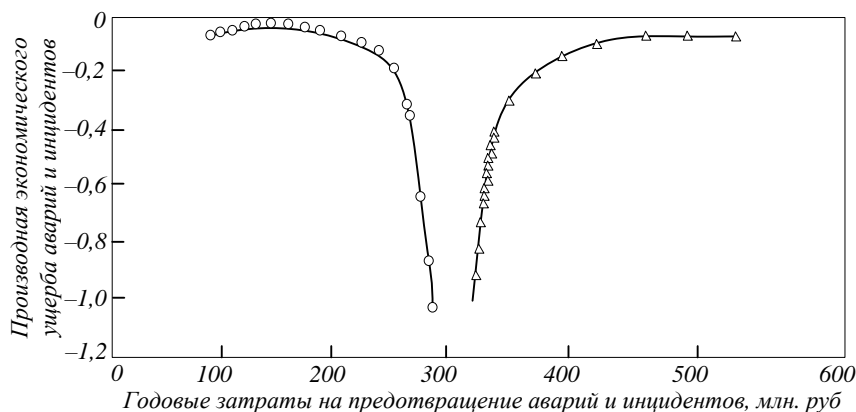


Рис. 4. Убывающая (○) и возрастающая (Δ) ветви производной фактического экономического ущерба от аварий и инцидентов

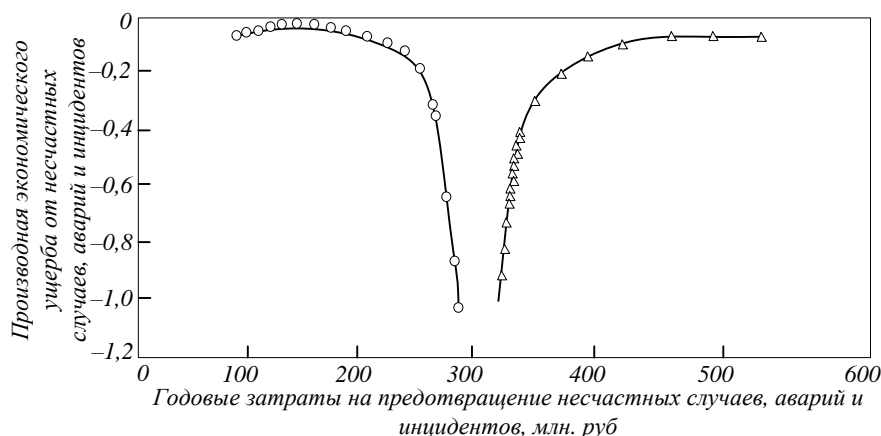


Рис. 5. Убывающая (○) и возрастающая (Δ) ветви производной фактического экономического ущерба от несчастных случаев, аварий и инцидентов

Производная фактического экономического ущерба от аварий и инцидентов  $Y_{ав.факт}^I$  (13), представленная на рис. 4, имеет минимум при  $Z_{ав} = 299,7781322$  млн. руб. Темп снижения  $Y_{ав.факт}$  на единицу затрат в интервале от нуля до  $299,7781322$  млн. руб. наиболее высок (убывающая ветвь  $Y_{ав.факт}^I$  на рис. 4). Темп снижения  $Y_{ав.факт}$  на единицу затрат в интервале от  $299,7781322$  до  $500$  млн. руб. оптимален (возрастающая ветвь  $Y_{ав.факт}^I$  на рис. 4). Темп снижения  $Y_{ав.факт}$  на единицу затрат в интервале от  $500$  млн. руб. до бесконечности наиболее низок и асимптотически стремится к нулю, что свидетельствует об экономической неэффективности такого уровня финансирования.

В ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000 – 2014 гг. диапазон колебаний указанных затрат (в ценах 2014 г.) составлял (табл. 2):  $240,5 \leq Z_{ав} \leq 1166,5$  млн. руб. При возрастании  $Z_{ав}$  с  $304$  до  $350$  млн. руб., согласно (6),  $Y_{ав.факт}$  снижается с  $111,0$  до  $10,7$  млн. руб., поэтому нижняя граница  $Z_{ав}$  должна быть не менее  $350$  млн. руб.

С целью проведения расчетов  $R_{ав}$  определим с величину  $Y_{ав.пред}$ . Согласно (6) при  $Z_{ав.крит} = 299,7781322$  млн. руб. Тогда  $Y_{ав.факт} \rightarrow \infty$ , а при близком к  $Z_{ав.крит}$   $Z_{ав} = 300,5$  млн. руб.  $Y_{ав.факт} = 641,911$  млн. руб. Физический смысл  $Y_{ав.пред}$  заключается в установлении его предельной величины в условиях, когда СУОТ практически не функционирует. Установленное расчетно-графическим методом значение  $Y_{ав.пред} = 641,911$  млн. руб. подтверждается данными по предотвращенному экономическому ущербу [6].

Производная фактического экономического ущерба от несчастных случаев, аварий и инцидентов  $Y_{\Sigma факт}^I$  (14), представленная на рис. 5,

имеет минимум при  $Z_{\Sigma} = 302,8304394$  млн. руб. Темп снижения  $Y_{\Sigma факт}$  на единицу затрат в интервале от нуля до  $302,8304394$  млн. руб. наиболее высок (убывающая ветвь  $Y_{\Sigma факт}^I$  на рис. 5). Темп снижения  $Y_{\Sigma факт}$  на единицу затрат в интервале от  $302,8304394$  до  $500$  млн. руб. оптимален (возрастающая ветвь  $Y_{\Sigma факт}^I$  на рис. 5). Темп снижения  $Y_{\Sigma факт}$  на единицу затрат в интервале от  $500$  млн. руб. до бесконечности наиболее низок и асимптотически стремится к нулю, что свидетельствует об экономической неэффективности такого уровня финансирования.

В ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000 – 2014 гг. диапазон колебаний указанных затрат (в ценах 2014 г.) составлял (табл. 1 и 2):  $242,1 \leq Z_{\Sigma} \leq 1171,1$  млн. руб. При возрастании  $Z_{\Sigma}$  с  $304$  до  $360$  млн. руб., согласно (8)  $Y_{\Sigma факт}$  снижается с  $423,4$  до  $10,3$  млн. руб., поэтому нижняя граница  $Z_{\Sigma}$  должна быть не менее  $360$  млн. руб.

С целью проведения расчетов  $R_{\Sigma}$  определим с величину  $Y_{\Sigma пред}$ . Согласно (8) при  $Z_{\Sigma крит} = 302,8304394$  млн. руб. Тогда  $Y_{\Sigma факт} \rightarrow \infty$ , а при близком к  $Z_{\Sigma крит}$   $Z_{\Sigma} = 303,5$  млн. руб.  $Y_{\Sigma факт} = 738,352$  млн. руб. Физический смысл  $Y_{\Sigma пред}$  заключается в установлении его предельной величины в условиях, когда СУОТ практически не функционирует. Установленное расчетно-графическим методом значение  $Y_{\Sigma пред} = 738,352$  млн. руб. подтверждается данными по предотвращенному экономическому ущербу [6].

Результаты расчетов  $R_{нс}$ ,  $R_{ав}$ ,  $R_{\Sigma}$  по формулам (9), (10) и (11) приведены в табл. 4. В расчетах использованы данные из табл. 1, 2 и работы [5].

С целью оптимизации затрат на мероприятия по предотвращению несчастных случаев, аварий и инцидентов в ОАО «ЮК ГРЭС» выполним линеаризующие преобразования дан-

ных из табл. 1, 2, 4 и методом наименьших квадратов [4] получим эмпирические зависи-

Т а б л и ц а 4  
Результаты расчетов  $R_{нс}$ ,  $R_{ав}$ ,  $R_{\Sigma}$

Номер	Год	$R_{нс}$	$R_{ав}$	$R_{\Sigma}$
1	2000	0,1117	0,0578	0,0537
2	2001	0,1086	0,0735	0,0674
3	2002	0,0677	0,0360	0,0334
4	2003	0,0316	0,0245	0,0222
5	2004	0,0635	0,0593	0,0537
6	2005	0	0,0142	0,0124
7	2006	0,0333	0,2067	0,1854
8	2007	0,0446	0,1123	0,1001
9	2008	0,1205	0,2746	0,2498
10	2009	0,0952	0,3583	0,3281
11	2010	0,6130	0,6002	0,7678
12	2011	0,0418	0,4541	0,4201
13	2012	0,0241	0,1190	0,1056
14	2013	0	0,3374	0,3069
15	2014	0,0396	0,3075	0,2791

мости:  $R_{нс}$  от  $Z_{от}$ , млн. руб. (15);  $R_{ав}$  от  $Z_{ав}$ , млн. руб. (16);  $R_{\Sigma}$  от  $Z_{\Sigma}$ , млн. руб. (17). Указанные зависимости представлены в табл. 5.

Зависимости (15), (16) и (17) позволяют решать задачу определения годового уровня финансирования мероприятий по предотвращению

несчастных случаев, аварий и инцидентов в ОАО «ЮК ГРЭС», исходя из допустимого уровня риска. Формулы (15), (16) и (17) также решают обратную задачу: в зависимости от годового уровня финансирования мероприятий по предотвращению несчастных случаев, аварий и инцидентов определить прогнозируемый уровень риска.

Результаты расчетов графическим методом минимально возможного с экономической точки зрения уровня финансирования мероприятий, направленных на предотвращение травматизма и аварийности путем наложения зависимостей (2) и (15); (6) и (16); (8) и (17) представлены на рис. 6, 7 и 8 соответственно.

Таким образом, установлены оптимальные с экономической точки зрения диапазоны финансирования мероприятий по предотвращению: травматизма – 3 – 4,5 млн. руб./год; аварийности – 350 – 500 млн. руб./год; травматизма и аварийности в совокупности – 360 – 500 млн. руб./год.

**Выводы.** Получены математические модели, основанные на статистике несчастных случаев и инцидентов в ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000 – 2014 гг., предназначенные для определения уровня травматизма и аварийности, суммарного фактического годового экономического ущерба от травматизма и аварийности,

Т а б л и ц а 5

Математические модели

Номер	Математическая формула	$r_{yx}$	$d_{yx}$ , %	$r_{yx}$ расч.	$t_{расч.}$	Формула
1	$R_{нс} = \frac{Z_{от}}{(22,04 Z_{от} - 17,35)}$	0,652	42,5	2,26*	2,85*	(15)
2	$R_{ав} = \frac{Z_{ав.}}{(42,6 Z_{ав.} - 12479)}$	0,706	49,9	2,64**	3,59**	(16)
3	$R_{\Sigma} = \frac{Z_{\Sigma}}{(46,31 Z_{\Sigma} - 13735)}$	0,683	46,7	2,56**	3,37**	(17)

П р и м е ч а н и е: \* $r_{табл. 0,05:12} = 0,532$ ,  $t_{табл. 0,05:11} = 2,20$  [4]; \*\* $r_{табл. 0,05:14} = 0,497$ ,  $t_{табл. 0,05:13} = 2,16$  [4].

Таким образом, гипотезы о статистической значимости выборочных коэффициентов корреляции  $r_{yx}$  в табл. 5 подтверждаются.

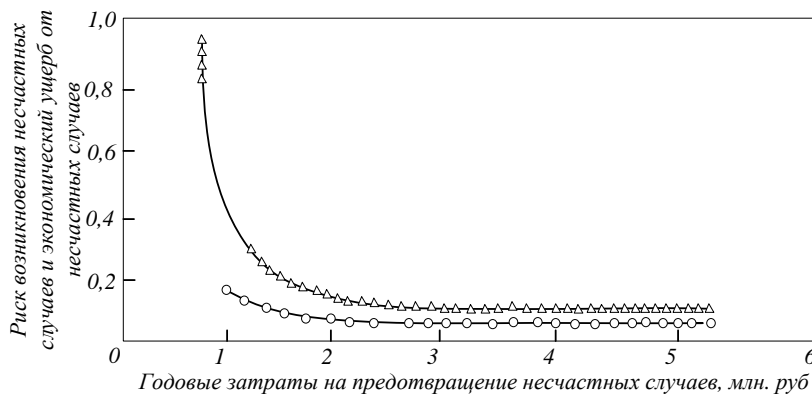


Рис. 6. Графическое наложение зависимостей (2) и (15):  
○ – риск; Δ – экологический ущерб

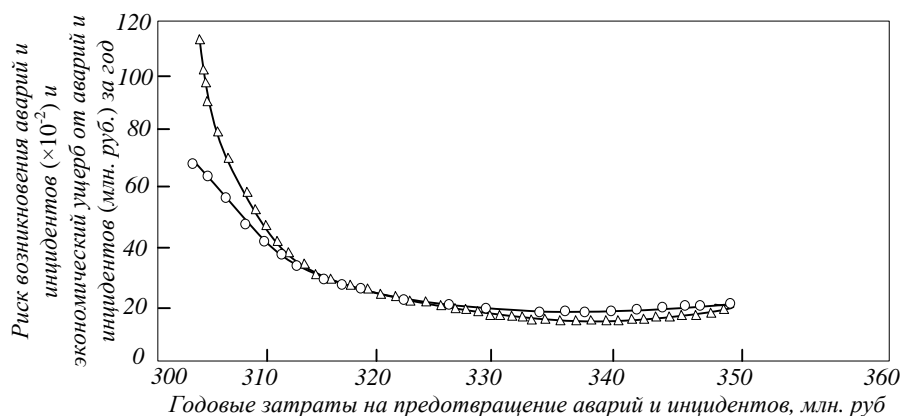


Рис. 7. Графическое наложение зависимостей (6) и (16):  
○ – риск; Δ – экологический ущерб

а также риска возникновения несчастных случаев, аварий и инцидентов в зависимости от годовых затрат на их предупреждение. Выполнена оценка темпа изменения экономического ущерба в результате травматизма, аварийности на единицу затрат путем дифференцирования математических моделей экономического ущерба в зависимости от годовых затрат на предотвращение несчастных случаев, аварий и инцидентов. Расчетно-графическим методом установлены оптимальные с экономической точки зрения диапазоны финансирования мероприятий по предотвращению травматизма и аварийности с использованием производных указанных моделей.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поздняков А.Н., Лежава С.А. Анализ травматизма на предприятиях

электроэнергетической отрасли на примере ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 3. С. 69 – 74.

2. Кузнецова М.Н. Охрана труда: теория, методология, практика. Автореферат дис. докт. экон. наук: 08.00.05 / Кузнецова Марина Николаевна. – М.: 2015. – 40 с.

3. Поздняков А.Н., Лежава С.А. Технический контроллинг, как функция поддержки управления аварийностью // Вестник Сибирского Государственного индустриального университета. 2013. № 2. С. 33 – 39.

4. Пичук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем: Учебное пособие. – Днепрпетровск: изд. Нац. мет. академии Украины, – 2008. – 284 с.

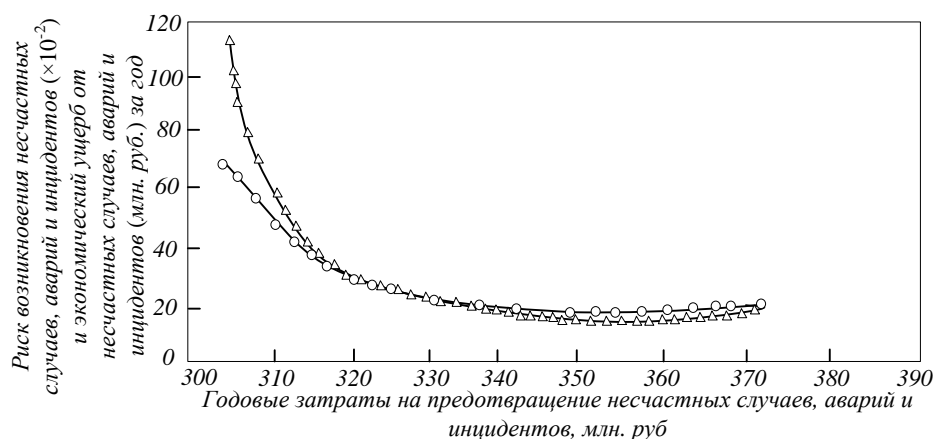


Рис. 8. Графическое наложение зависимостей (8) и (17):  
○ – риск; Δ – экологический ущерб

5. Шевченко Л.А., Поздняков А.Н. Методика оценки комплексного риска возникновения аварий, инцидентов, несчастных случаев и экологического ущерба, на опасных производственных объектах электроэнергетики на примере ОАО «Южно-Кузбасская ГРЭС» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 1. С. 106 – 110.
6. Декларация промышленной безопасности опасных производственных объектов открытого акционерного общества «Южно-Кузбасская ГРЭС» / Д.З. Хасанов, П.О. Посажеников, А.Н. Поздняков и др. – Калтан, 2009. – 565 с.

© 2016 г. А.И. Фомин, А.Н. Поздняков,  
С.А. Лежава, И.С. Семина  
Поступила 01 июня 2016 г.

*Т.В. Баскакова, Т.Н. Борисова, В.А. Быстров*

Сибирский государственный индустриальный университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ  
ФАБРИКЕ\***

В настоящее время мероприятия по совершенствованию организации труда на рабочих местах и разработка стимулирующих норм труда в связи с переходом на сдельную бригадную форму оплаты труда очень актуальны. Проблема состоит в том, что прежние подходы организации труда оказались несостоятельными, а новые, отражающие современные реалии предприятия в условиях развивающейся рыночной экономики, находятся в стадии становления.

База исследования ЗАО «ЦОФ «Щедрухинская» – обогатительная фабрика нового поколения, которая использует современную автоматизированную систему управления производством, что значительно повышает уровень безопасности труда. На фабрике обогащают угли крупных добывающих предприятий Кузбасса. Стратегия предприятия заключается в достижении лидерских позиций среди предприятий горной промышленности России путем производства продукции высшего качества, освоения новых производственных мощностей, наращивания ресурсной базы, обеспечения бесперебойных поставок продукции, развития производственной деятельности.

В связи с этим назрела необходимость внедрения более передовых форм организации труда на конкретных рабочих местах. Например, рассмотрим участок приема и разгрузки угля. Общая численность работающих на участке составляет 68 человек, из которых 47 % – это грузчики по разгрузке угля с повременной оплатой труда, которая является неэффективной формой мотивации на основном участке промышленного предприятия.

С целью выяснения степени удовлетворенности условиями труда, системой оплаты труда, социально-психологическим климатом в

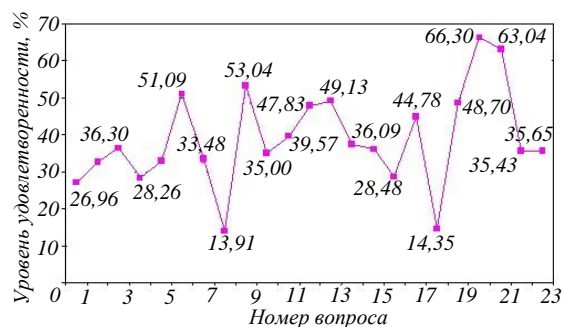


Рис. 1. Среднее значение удовлетворенности работников по факторам опроса

трудовом коллективе было проведено анкетирование работников участка разгрузки, в котором приняли участие 32 человека. Работниками предприятия была отмечена нехватка автоматического обдува вагонов, недостаточный уровень освещения, некачественные шланги на обдуве, необходимость более мощных компрессоров, необходимость усовершенствования вытяжки троса. По результатам дополнительного социально-экономического опроса [1] было выявлено недовольство высоким уровнем вибрации, запыленности, грязи, отсутствием санузла на участке выгрузки, а также высказана необходимость установки в бытовку обогревателя на зиму и кондиционера на лето (рис. 1).

На фабрике было проведено групповое фотографирование рабочего дня (ФРД) грузчиков участка приема и погрузки угля методом непосредственных замеров. Целью проведения ФРД являлось выявление недостатков в организации труда и производства, приводящих к прямым потерям и нерациональным затратам времени, а также получение исходных данных для разработки норм труда.

Перед началом расчетов необходимо классифицировать все имеющиеся затраты рабочего времени в соответствии с существующей классификацией рабочего времени: ПЗ – подготовительно-заключительное время; ОП – оперативное время; ОБС – время на обслуживание рабочего места; ОТЛ – время на отдых и

\* Работа выполнена по внутреннему Гранту СибГИУ в соответствии с приказом ректора № 913-об на тему 4э-14 «Разработка мероприятий по внедрению новых систем организации и мотивации труда с целью повышения производительности труда на промышленных предприятиях Кузбасса».

личные нужды; ПОТ – потери рабочего времени; НТД – нарушения трудовой дисциплины. Далее необходимо провести суммирование одноименных затрат рабочего времени и составить фактический баланс рабочего времени методом группировки. Следующий этап – расчет нормативного баланса. В нормативном балансе ПЗ, ОП, ОБС и ОТЛ устанавливаются по нормативам. При составлении нормативного баланса все потери и нерациональные затраты рабочего времени исключаются, за счет этого увеличивается оперативное время [2 – 5].

Сводная таблица фактического и нормативного баланса времени показывает, что фактический баланс рабочего времени значительно отличается от нормативного: доля оперативного времени работы меньше нормативного показателя, а вот доли потерь рабочего времени и подготовительно-заключительных работ значительно превышают норму.

Отсутствие ПЗ обусловлено технологией процесса выгрузки; отсутствие времени на ОТЛ обусловлено бригадной формой организации работы, так как одновременно заняты работой только два – четыре человека при численности восемь человек, остальные же могут в это время отдохнуть; а вот отсутствие времени на ОБС негативно сказывается на состоянии рабочего места грузчиков. Необходимо более рациональная организация труда на участке выгрузки и других смежных участках, что позволит увеличить время оперативной работы и, таким образом, повысить производительность труда. Определение длительности выполнения элементов операций необходимо для разработки норм времени, выбора наиболее рациональных методов труда, анализа качества норм и нормативов. Данные о структуре затрат рабочего времени используются при

разработке нормативов обслуживания рабочего места и ПЗ, оценке эффективности использования рабочего времени, анализе существующей организации труда и производства, устраняют некоторые причины увольнения работников (рис. 2).

В рамках разработанной для внедрения Программы производственных улучшений на ЗАО «ЦОФ Щедрухинская» предлагается шесть мероприятий.

#### *Мероприятие № 1.*

Обед у транспортных рабочих, занимающихся расчисткой ям, длится 1 час (с 12:00 до 13:00), а у грузчиков – полчаса (с 12:00 до 12:30). В связи с этим грузчики не могут проводить выгрузку вагонов в течение получаса после обеда, так как ямы для выгрузки завалены. Необходимо согласовать режим работы техники и участка выгрузки. Предлагается сократить обед транспортных рабочих на полчаса (с 12:00 до 12:30), а обед грузчиков перенести (с 12:30 до 13:00). Таким образом, за счет рационализации режима труда и отдыха сокращаются непроизводительные потери рабочего времени [3 – 5].

#### *Мероприятие № 2.*

Часто бывают смены, в которые вообще не выгружается ни одного вагона по различным объективно-субъективным причинам (нет места на складе рядового угля, задерживается прибытие вагонов на станцию, поломка виброгрузчика и т.д.). В такие дни необходимо задействовать рабочих участка выгрузки в других работах, за которую установить определенную оплату по акту, составленному мастером участка, согласно выполненного объема. Для этого необходимо внести дополнительный пункт в положение об оплате труда. Такими работами может стать уборка и

Т а б л и ц а

**Анализ фактического и нормативного баланса рабочего времени бригад**

Индекс	Нормативный баланс рабочего времени к $T_{осн}$ , % (мин)	Фактический баланс времени по бригадам к $T_{осн}$ , % (мин)	Абсолютное отклонение, мин	Относительное отклонение, %
ПЗ	2 (13)	0 (0) / 0 (0)	- 13 / - 13	- 2 / - 2
ОП	90 (621)	61,16 (422) / 72,46 (500)	- 199 / - 121	- 28,84 / - 17,54
ОБС	3 (21)	0 (0) / 0 (0)	- 21 / - 21	- 3 / - 3
ОТЛ	5 (35)	0 (0) / 0 (0)	- 35 / - 35	- 5 / - 5
ПОТ	0 (0)	38,84 (268) / 27,54 (190)	- 268 / - 190	+ 38,84 / + 27,54
НТД	0 (0)	0 (0) / 0 (0)	0 / 0	0 / 0
Всего	100,00 (690)	100 (690) / 100 (690)		

Примечание. Через косую приведены данные для бригад 1 и 2 соответственно.



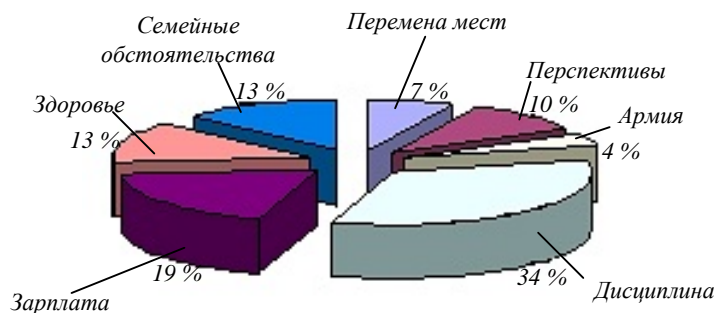


Рис. 2. Причины увольнения работников предприятия

работами может стать уборка и облагораживание территории фабрики, расчистка вагонов, находящихся в парке, помощь путейцам и др.

#### Мероприятие № 3.

Зачастую в погоне за количеством выгруженных вагонов грузчики пренебрегают качеством очистки: не полностью выгружают уголь, плохо продувают вагоны, плохо расчищают железнодорожные пути. Для предотвращения халатного отношения к очистке железнодорожных путей и вагонов от угля необходимо разработать систему повышающих и снижающих оплату коэффициентов как элемент системы мотивации и демотивации, которые можно использовать в случае невозврата либо возврата вагонов со станции соответственно. Оценкой качества работы грузчиков может заниматься мастер, который в конце смены проставляет «коэффициент чистоты», варьирующийся в пределах 0,7 – 1,4. Таким образом, оплата за смену всей бригады будет выглядеть следующим образом [6, 7]:

$$O_{см} = K_{чист} V_{выгр} P_{сд}, \quad (1)$$

где  $O_{см}$  – оплата за смену всей бригады;  $K_{чист}$  – коэффициент чистоты;  $V_{выгр}$  – количество выгруженных за смену вагонов;  $P_{сд}$  – сдельный расценки за один выгруженный вагон.

Если за месяц работы бригады не было возвращено со станции ни одного вагона, необходимо установить фиксированную премию [2, 7]. Такое мероприятие должно выноситься на голосование общего собрания коллектива, прежде чем добавить его в коллективный договор, в частности, в Положение об оплате труда.

#### Мероприятие № 4.

В целях механизации труда рабочих участка выгрузки необходимо установить электрическую лебедку, которая будет вытягивать трос и увеличивать мощность машин для обдува вагонов, что впоследствии позволит снизить норму времени на выгрузку вагонов.

#### Мероприятие № 5.

Место для отдыха и приема пищи грузчиков выглядит как небольшой (около 10 м<sup>2</sup>), грязный и шумопроницаемый домик, в котором грузчикам невозможно в полной мере отдохнуть во время обеда. В целях повышения удовлетворенности рабочих условиями труда необходимо установить новое помещение, большее по площади, микроклиматические условия внутри которого будут позволять работникам восстановить свои силы во время перерывов.

#### Мероприятие № 6.

Внедрить разработанные ниже технически обоснованные нормы труда (нормы времени, выработки и численности) на участке приема и выгрузки угля и перевести бригады участка на сдельную оплату труда. Для участка выгрузки на основании проведенных ФРД по методу технического нормирования были установлены технически обоснованные нормы труда на выгрузку вагонов.

Как видно из приведенных коэффициентов загрузки (см. таблицу), для выполнения данного объема работ необходимо четыре человека в смену и один человек в каждой смене необходим «на подмену». Рассчитаем время, необходимое для выгрузки данного количества вагонов.

Общая трудоемкость годовой программы составляет  $38690 \times 0,217 = 8396$  часов.

Норма численности определяется в зависимости от общей трудоемкости:

$$N_{чис} = \frac{\text{Общая трудоемкость годовой программы}}{\text{Реальный фонд рабочего времени одного рабочего}}.$$

Реальный фонд рабочего времени установлен в размере 1182,5 часов в год на 1 рабочего выгрузки, следовательно, списочная численность составит  $N_{чис} = 8396/1182,5 = 7,1$ ; принимается восемь человек. Списочная численность рабочих выгрузки – восемь человек, или  $8/2 =$  четыре человека в смену.

Представленные расчеты подтверждают показатели коэффициентов загрузки. Согласно штатному расписанию численность грузчиков, занятых погрузкой и разгрузкой угля, составляет 44 человека, из которых 32 человека заняты на выгрузке (4 бригады по 8 человек).

По новой норме численность рабочих выгрузки составит  $5 \times 4 = 20$  человек, что позволит высвободить 12 человек ( $32 - 20$ ). Вновь установленная явочная численность четыре человека полностью соответствует рациональному показателю занятости рабочих участка выгрузки.

Предложенные мероприятия по усовершенствованию системы отбора персонала приведут к следующим социально-экономическим изменениям:

- повышение интенсивности труда грузчиков на 12,5 %;
- повышение уровня удовлетворенности трудом (согласно опросу на 37 %);
- увеличение производительности труда на 12,5 % и прибыли;
- повышение качества работы сотрудников;
- равномерность загрузки грузчиков до 98 %;
- обеспечение полной реализации потенциала работников организации.

Среди факторов эффективности производства существенное место занимает НОТ и нормирование труда. Так, даже самое современное оборудование и высокопроизводительная техника не дадут желаемого результата при низкой организации их обслуживания и, наоборот, при внедрении НОТ можно получить от современного технического оснащения участка приема и погрузки угля максимальный результат.

**Выводы.** В результате проведенных расчетов было выявлено, что для предприятия предложенные мероприятия сократят потери рабочего времени, увеличат коэффициент занятости каждого грузчика участка, улучшат организацию труда на участке. Суммарный экономический эффект от введения системы норм составит 638077 тыс. руб. Таким образом, внедрение предлагаемых мероприятий целесообразно и выгодно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баскакова Т.В., Борисова Т.Н., Быстров В.А. Оценка организации труда на «ЦОФ Щедрухинская» // Вестник РАЕН. Западно-Сибирское отделение. 2015. № 17. С. 176 – 185.
2. Баскакова Т.В. Эффективность совершенствования организации труда на рабочих местах // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2012. № 2. С. 1 – 18.
3. Быстров В.А., Баскакова Т.В. Организация труда на рабочем месте вчера и сегодня // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии. 2008. № 22. С. 228 – 239.
4. Быстров В.А., Баскакова Т.В., Новиков Н.И. Организация труда на рабочих местах ОАО Русал-Новокузнецк. – В кн.: Современные экономика и управление: актуальные проблемы, анализ состояния и перспективы развития. – Новокузнецк: изд. НФИ КемГУ, 2012. С. 173 – 202.
5. Быстров В.А., Баскакова Т.В. Организация труда на рабочих местах. – В кн.: Современные экономика и управление: актуальные проблемы, анализ состояния и перспективы развития: коллективная монография. В 2-х ч. Ч. 2 / Науч. ред. В.В. Пискаленко, Е.Н. Старченко. – Новокузнецк: изд. НФИ КемГУ, 2012. С. 111 – 144.
6. Баскакова Т.В., Быстров В.А. Система грейдов – теория и практика // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2011. № 2. С. 1 – 21.
7. Баскакова Т.В., Быстров В.А., Новиков Н.И. Гуманизация труда по принципу «5С» как способ повышения эффективности производства. – В кн.: Инновационная и промышленная политика регионов (ЭКОПРОМ 2011) Труды Международной НПК / Под ред. А.В. Бабкина. Т. 1. – СПб.: изд. политехн. ун-та, 2011. С. 436 – 444.

© 2016 г. Т.В. Баскакова,  
Т.Н. Борисова, В.А. Быстров  
Поступила 06 июня 2016 г.

*В.А. Быстров, Т.Н. Борисова, Н.Ю. Грекова, О.Г. Трегубова*

Сибирский государственный индустриальный университет

## ВЕДУЩАЯ РОЛЬ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ

Для науки управления персоналом характерно, что понятия «наука управления», «наука о принятии решений», «системный анализ», «наука о системах» зачастую используются как взаимозаменяемые. Основные характерные черты науки управления персоналом [1 – 4] приведены ниже.

1 – В основе любого научного исследования лежит применение научного метода. В практике школы научного управления персоналом применение научного метода на основе научно-технического прогресса состоит из трех этапов:

– наблюдение – речь идет об объективном сборе и анализе информации по проблеме или ситуации. К примеру, если рассматривается зависимость между потребностью в изделиях и уровнем запасов, руководитель должен оценивать, как варьируется уровень запасов в зависимости от спроса;

– формулирование гипотезы – исследователь выявляет имеющиеся альтернативы (варианты действий) и их последствия для ситуации, а также делает прогноз, основанный на этих наблюдениях. Цель – установление взаимосвязи между компонентами проблемы;

– верификация – на этапе верификации или подтверждения достоверности гипотезы исследователь проверяет гипотезу, наблюдая результаты принятого решения.

При использовании научного метода для решения проблем управления персоналом необходимо помнить, что организация – это открытая система, состоящая из взаимосвязанных частей.

2 – В силу сложности проблем управления персоналом и трудностей проведения экспериментов в реальной жизни используется моделирование. Значительный вклад школы научного управления персоналом заключается в разработке моделей, позволяющих принимать объективные решения в ситуациях, слишком сложных для простой причинно-следственной оценки альтернатив. Многие из таких моделей настолько сложны, что не всякий руководитель в состоянии воспользоваться ими самостоятельно. Отсутствие представления о моделях

приводит к использованию «метода проб и ошибок» вместо проверенных методов и, следовательно, к принятию необдуманных решений.

3 – Учет научных подходов на основе научно-технического прогресса (НТП) к управлению персоналом при разработке управленческих решений менеджеру необходимо знать особенности важнейших, исторически сложившихся подходов к управлению. К настоящему времени известны четыре важнейших подхода, которые внесли существенный вклад в развитие теории и практики управления [4 – 8]. Управление персоналом рассматривается с различных точек зрения: школы научного управления, административного управления, человеческих отношений и науки о поведении, науки управления (количественных методов).

Вкладом этих школ в развитие управления персоналом является:

– применение приемов управления межличностными отношениями для повышения степени удовлетворенности работников и производительности;

– применение выводов наук о человеческом поведении при управлении и формировании организации таким образом, чтобы каждый работник мог быть полностью использован в соответствии с его потенциалом.

Наука управления (или количественный метод) связана с развитием математики, статистики и инженерных наук. Применение методов научного исследования к операционным проблемам организации получило название «исследование операций». При исследовании операций строилась модель – некая форма представления реальности. Использование компьютерных программ позволило исследователям конструировать математические модели возрастающей сложности, наиболее приближенные к реальности, и более точные, построенные на основе НТП.

Вклад школы науки управления персоналом на основе НТП:

– углубление понимания сложных управленческих проблем благодаря разработке и применению моделей;

– развитие количественных методов принятия решений в сложных ситуациях.

**Процессный подход** рассматривает управление персоналом как непрерывную серию взаимосвязанных управленческих функций: планирования, организации, контроля и мотивации. Эти базовые функции управления объединены связующими процессами коммуникации и принятия решений.

**Системный подход** предполагает, что руководители должны рассматривать организацию как совокупность взаимозависимых элементов (таких как персонал, структура, задачи и технология), которые ориентированы на достижение различных целей в условиях меняющейся среды. Этот подход связан с применением теории систем к управлению и позволяет увидеть организацию в единстве составляющих ее частей, которые неразрывно переплетаются с внешним миром. Кроме того, этот подход позволяет интегрировать достижения всех школ, которые в разное время доминировали в теории и практике управления.

**Ситуационный подход** концентрируется на том, что применение различных методов управления персоналом определяется ситуацией. Поскольку существует огромное количество влияющих на ситуацию факторов как в самой организации, так и в окружающей среде, не существует единого «лучшего» способа управлять организацией. Самый эффективный метод в конкретной ситуации – метод, который более всего соответствует данной ситуации. Ситуационный подход и его основа – ситуационный анализ – стал на сегодняшний день одним из наиболее перспективных инструментов принятия обоснованных управленческих решений. Такой подход позволяет выявить основные тенденции, определяющие динамику развития ситуации, в которой принимается решение, а также основные управляющие воздействия, способные изменить ситуацию.

В современных условиях управления персоналом уже накоплен значительный багаж знаний, вобравший в себя опыт лучших организаций, которые добились значительных успехов в деле мобилизации персонала – набор правил, принципов и технологий, которые могут быть использованы руководителями, поставившими перед собой цель получить максимальную отдачу от всех в результате развития НТП организации [5, 6, 9].

В современном обществе любая коммерческая организация сильно зависит от ее сотруд-

ников, способствующих развитию НТП. Отражением этого в области науки и образования служит бурное развитие и широкое распространение знаний в области управления персоналом. Основные направления НТП в управлении производством и персоналом состоят в следующем:

– автоматизация производства, замена машин принципиально новыми техническими системами;

– создание и применение такой техники, как ЭВМ, и компьютеризация производства превращают информатику в элемент технологического процесса;

– открытие и использование новых видов и источников энергии (атомной, термоядерной и т. д.);

– создание и использование новых видов материалов с заранее заданными свойствами, преобразующими спектр конструкционных предметов труда;

– открытие и применение новых технологий, которые входят в жизнь под общим названием «высоких» технологий.

Обобщающим признаком современного НТП становится превращение науки в непосредственную производительную силу общества (рис. 1).

Научно-технический прогресс изменяет и самого работника: предъявляет качественно новые и более высокие требования к его образованию, к профессиональным навыкам, отношению к делу, способности быстро переключаться на новые виды деятельности, творческому подходу к выполняемой работе и т. д.

Вторым фактором повышения роли персонала в современном обществе является изменение возможностей контроля сотрудников и повышение значимости самоконтроля и самодисциплины. Повышение роли самодисциплины и самоконтроля в трудовом процессе изменяет соотношение различных методов мотивации работника, повышает удельный вес более сложных технологий управления персоналом по сравнению с методом «награждение – наказание» по схеме «стимул – реакция», мотивации в управлении персоналом.

В-третьих, радикальное повышение роли персонала в производстве и управление им выступают как макроэкономические факторы, и, прежде всего, изменение ориентации и динамики спроса направлено на удовлетворение производства, обострение конкуренции на рынке, повышение значимости качества продукции. Все это приводит к повышению эффективности ускорения НТП.



Рис. 1. Система закономерностей научно-технического прогресса

**Экономический эффект** – рост производительности труда, снижение трудоемкости, материалоёмкости и себестоимости продукции, рост прибыли и рентабельности.

**Ресурсный эффект** – высвобождение ресурсов на предприятии (материальных, трудовых и финансовых).

**Технический эффект** – появление новой техники и технологии, изобретений, ноу-хау и других нововведений.

**Социальный эффект** – повышение материального и культурного уровня жизни персонала, более полное удовлетворение потребностей в товарах и получении услуг, улучшение условий и техники безопасности труда, снижение доли тяжелого ручного труда.

Четвертым фактором является повышение роли НТП в современном производстве, а управление им – совершенствование технологии организации труда и управления персоналом на предприятии. К числу таких изменений относятся, прежде всего, более широкое использование коллективных форм организации труда как в масштабах всей организации (на макроуровне), так и во всех отдельных подразделениях (на микроуровне). Очевидно, что управление высококвалифицированными, автономными работниками, самостоятельно обеспечивающими контроль за «тотальным» качеством продукции, – это нечто принципиально иное, нежели роль руководителя как надсмотрщика за подчиненными на традиционной фабрике или конвейерной системе.

В-пятых, с повышением образовательного и культурного уровня работника, повышаются личностные запросы к трудовой деятельности. В 90-х годах прошлого века шло формирование нового, более зрелого типа работника, который не довольствуется послушанием и обезличенным, механическим трудовым усердием, а стремится стать активным соучастником или даже сохозяином производства.

Все вышеприведенные факторы развития НТП непосредственным образом повлияли на развитие управления персоналом.

Экспектациям (ожиданиям) работников нового типа, особенно молодежи, уже не соответствуют простые, часто примитивные операции рабочих в условиях преимущественно авторитарного стиля руководства.

Таким образом, если сотрудник стоит очень дорого, если его трудно уволить и дорого найти ему достойную замену, если содержание труда требует все более высокой квалификации, самоотдачи, ответственности работника и внешний контроль затруднен, то все это повышает значимость персонала в современной организации и одновременно значимость современных технологий управления им, то есть происходит изменение функций управления персоналом под воздействием развития НТП (рис. 2).

Следовательно, необходимо постоянно проводить мониторинг персонала в современной организации, выявляя основные факторы повышения его роли в обществе и на предприятии.



Рис. 2. Изменение функций управления персоналом при НТП

Проблема принятия решений при управлении персоналом имеет универсальный, всеобъемлющий характер. Она возникает практически в любой сфере целенаправленной человеческой деятельности и составляет ее принципиальную сущность. Без преувеличения можно сказать, что проблема принятия решений – это центральная проблема управления объектами и особенно такими сложными, как управление организацией, управление персоналом.

Решения, типичные для функций управления, характеризуется тем, что принятие решений отражается на всех аспектах управления. Принимать решения – значит находить ответы на ряд вопросов. В сегодняшнем сложном, быстро меняющемся мире организаций многие альтернативы находятся в распоряжении менеджеров. Чтобы сформулировать цель перед персоналом и добиться ее достижения, необходимо дать ответы на многие вопросы. Каждая управленческая функция связана с несколькими общими, жизненно важными решениями, требующими претворения в жизнь [7, 8, 10]. Некоторые функции управления и вопросы, требующие решения, перечислены в таблице.

Для принятия решений необходимо изучить человеческий капитал в управлении персоналом, социальный капитал как фактор эффективности организации. Требуется изучение, внедрение современных технологий управления персоналом, чтобы сотрудник мог наращивать и использовать свой трудовой и творческий потенциал и благодаря этому содействовал достижению целей предприятия, а также поддерживал деятельность других сотрудников в этом направлении.

Эти вопросы исследуются в работах В.П. Пугачева, Э.А. Уткина, А.Я. Кибанова и Д.К. Захарова, Э.Е. Старабинского и др. В работах [6 – 9] дается попытка интеграции разработанных знаний в области управления персоналом, набор правил, принципов и технологий, используемых руководителями при эффективном управлении персоналом (рис. 3).

Важнейшим направлением развития предприятий является социальная переориентация производства с учетом гуманного отношения к персоналу и его интеллектуальному потенциалу. Основными аспектами этого направления являются: повышение субъективного человеческого фактора; переориентация производства на новые виды продукции, пользующиеся спросом населения; формирование нового качества жизни; появление структурных сдвигов в потреблении продовольствия и их индивидуализация; улучшение условий труда и материального обеспечения работников [1, 10].

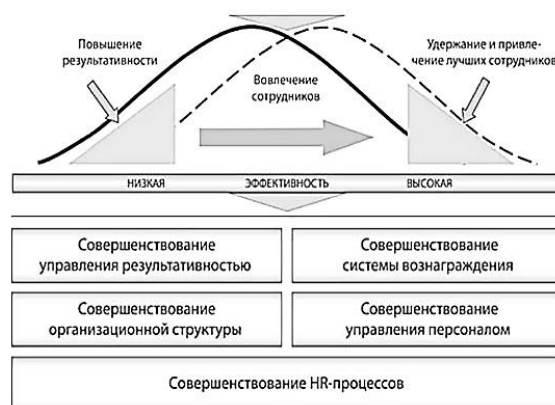


Рис. 3. Основные направления НТП в управлении персоналом

## Типичные для функций управления персоналом вопросы, требующие решения

Функции управления	Вопросы, требующие решения
Планирование	Какова сверхзадача или природа нашего бизнеса? Какими должны быть цели?
Организация деятельности	Какие изменения происходят во внешнем окружении и как они отражаются или могут отразиться в будущем на организации? Какие стратегию и тактику следовало бы выбрать для достижения поставленных целей? Каким образом следует структурировать работу организации? Как целесообразно укрупнить блоки выполняемых работ?
	Как скоординировать функционирование блоков выполняемых работ, чтобы оно протекало гармонично и не было противоречивым? Принятие каких решений на каждом уровне организации следует доверять людям, в частности, руководителям?
Мотивация	Следует ли изменять структуру организации из-за изменений во внешнем окружении? В чем нуждаются подчиненные? В какой мере эти потребности удовлетворяются в ходе деятельности, направленной на достижение целей организации? Если удовлетворение работой и производительность подчиненных возросли, то почему это произошло? Что можно сделать, чтобы повысить уровень удовлетворенности работой и производительность подчиненных?
Контроль	Как следует измерять результаты работы? Как часто следует давать оценку результатов? Насколько организация преуспела в достижении своих целей? Если организация недостаточно продвинулась к поставленным целям, то почему это случилось и какие коррективы следовало бы внести?

**Выводы.** Рассмотрена ведущая роль научно-технического прогресса в управлении персоналом организации, система закономерностей развития НТП, факторы воздействия на радикальное повышение роли персонала в управлении производством, изменение функций управления персоналом под воздействием развития НТП.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быстров В.А., Новиков Н.И., Дьяков П.К. Социальные основы управления персоналом организации. – Publishing House Science and Innovation Centre – Saint-Louise, MO, USA, 2013. P. 5 – 38.
2. Быстров В.А., Вуцан Е.С. Эффективность инвестиций в развитие промышленных предприятий. Монография // Под ред. В.А. Быстрова. – М.: изд. СГУ, 2013. – 371 с.
3. Быстров В.А., Новиков Н.И. Методы принятия инновационных решений в промышленности: учеб. пособие. – Томск: изд. Томского политех. ун-та, 2013. – 409 с.
4. Быстров В.А. Технология и эффективность управления персоналом: учеб. пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016. – 359 с.
5. Лю Ш и х а о. Совершенствование процедуры принятия управленческих решений в области управления персоналом // Экономические науки. 2009. № 5 (54). С. 90 – 95.
6. О д е г о в Ю.Г., А б д у р а х м а н о в К.Х., К о т о в а Л.Р. Оценка эффективности работы с персоналом: методологический подход: учебно-практическое пособие. – М.: Альфа-Пресс, 2011. – 752 с.
7. Управление персоналом: учеб. пособие / Под ред. Г.И. Михайлиной. – М.: Дашков и К, 2010. – 280 с.
8. Цыпин П. Управление персоналом компании: учеб. пособие – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. – 256 с.
9. Е г о р ш и н А.П., З а й ц е в А.В. Организация труда персонала: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 320 с.
10. Быстров В.А. Организация и управление производством и персоналом: учеб. пособие. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2015. – 404 с.

© 2016 г. В.А. Быстров, Т.И. Борисова,  
Н.Ю. Грекова, О.Г. Трезубова  
Поступила 06 июня 2016 г.

*И.В. Баклушина*

Сибирский государственный индустриальный университет

## УПРАВЛЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ»

Учебная дисциплина – завершенная целостная часть учебного процесса, структурируемого в последовательности педагог – учебная дисциплина – студент. Это средство реализации содержания образования или средство передачи его с помощью педагогической инструментовки.

Представление об учебной дисциплине в целом дает программа, которая в соответствии с требованиями к будущему специалисту переводит содержание на уровень учебного материала и включает его в реальный учебный процесс. В программе кроме специального опыта должен моделироваться еще и процесс обучения – педагогический опыт. Обучение является основной формой реализации учебных дисциплин [1].

В соответствии с образовательным стандартом [2] и учебным планом по направлению 08.03.01 Строительство [3] дисциплина «Теплоснабжение», реализуемая в Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ, г. Новокузнецк) относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока I «Дисциплины (модули)» (Б1.В.ВД.4.4). Учебная дисциплина изучается в седьмом семестре. Знания, умения и навыки, полученные студентами при изучении этой дисциплины, могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и при разработке выпускной квалификационной работы. Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных и профессионально-специализированных компетенций.

Программой дисциплины «Теплоснабжение», реализуемой в СибГИУ, регламентирована общая трудоемкость дисциплины, которая составляет четыре зачетные единицы (144 часа), из них по очной форме обучения (при общем сроке обучения по направлению 4 года): 14 часов лекций, 26 часов практических занятий и 104 часа самостоятельной работы; по очно-заочной форме обучения (3 года): 8 часов лекций, 8 часов практических занятий, 92 часа самостоятельной работы. Формы организации

учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа (в том числе курсовое проектирование, решение задач, подготовка к экзамену), консультации. Виды промежуточной аттестации: экзамен по учебной дисциплине, дифференцированный зачет по курсовому проекту.

В общем виде результатом учебной деятельности в каждый момент является приобретаемый новый опыт, источником которого могут являться объективная реальность, педагог, предшествующий опыт обучающегося и сам обучающийся, поэтому организацию этой деятельности следует осуществлять по следующим принципам [4].

«Принцип наследования культуры» вытекает из отношения «новый опыт – объективная реальность». Для отражения таких субъективных компонентов человеческой культуры, как предметные результаты деятельности человечества, выраженные в формах общественного сознания, и субъективные человеческие силы и способности следует формировать у обучающихся способности решать важные практические задачи и воспитывать личности в целом. На это, собственно, и нацелен компетентностный подход в образовании.

«Принцип социализации» вытекает из отношения «новый опыт – педагог (педагоги)». Для соблюдения этого принципа педагог должен быть носителем того компонента культуры, который должен передать обучающимся, то есть его жизненный опыт должен быть сформирован в соответствующей области деятельности.

«Принцип последовательности» вытекает из отношения «новый опыт – предшествующий накопленный опыт». Жизненный опыт человек накапливает последовательно: от простейшего к простому, от простого к более сложному.

«Принцип самоопределения» вытекает из отношения «новый опыт – сам обучающийся». Человеку присуща избирательность действий, в том числе в учебной деятельности: «хочу –



не хочу», «нравится – не нравится». Педагог должен правильно мотивировать обучающихся в нужном направлении, создать условия для запуска мотивационно-потребностного механизма «самости» (внутреннего побуждения к самообразованию, самовоспитанию, саморазвитию) личности ученика.

Управление учебной деятельностью при изучении дисциплины «Теплоснабжение» осуществляется с соблюдением всех этих принципов при всех формах учебных занятий. При реализации дисциплины используются различные формы учебных занятий:

- лекции (информационная лекция; лекция-визуализация; лекция-консультация);
- практические занятия (с типовыми заданиями; с ситуационными заданиями; с кейс-задачами).

На практических занятиях знания должны излагаться как непосредственное руководство к действиям для решения широкого диапазона задач, включая не только типовые, но и разнообразные практические задачи. В процессе решения подобных задач происходит и обобщение знаний, и их усвоение путем непроизвольного запоминания (которое контролируется объективно и полностью) [5].

Типовые задачи при проведении практических занятий выступают в роли упражнений, нацеленных на доведение до автоматизма действий обучающихся по выполнению типовых расчетов, подбора оборудования. По мнению А.М. Новикова «упражнение – важнейший метод учения». Упражнение строится на многократном повторении определенных действий с целью формирования и совершенствования умений и навыков [4].

Ситуационные задания мотивируют обучающегося на анализ ситуации, вычленение отдельных проблем и задач в ситуации, принятие конкретных решений в условиях ограниченного временного ресурса, тренируют творческий подход к принятию решений, эмоциональную память, фантазию, воображение.

Кейс-задачи включают специальные проблемные задачи, в которых предлагается осмыслить реальную ситуацию, отражающую практическую проблему и актуализирующую определенный комплекс профессиональных знаний и умений. Отличительная особенность таких задач – отсутствие однозначных решений, побуждающее студента искать пути оптимизации подходов, анализировать методы решений и аргументировать свой выбор. Кейс формируется из ситуационных заданий, скомпонованных в системы, в соответствии с ком-

петенциями, сформированность которых проверяется [6].

Дидактические цели кейса: обучающие, воспитывающие, развивающие. Кейс-метод способствует развитию у студентов навыков работы в составе команды, умения воспринимать альтернативные позиции и находить самостоятельные решения. Использование кейс-метода в деятельности преподавателя вызывает потребность замены методов, обеспечивающих традиционную передачу знаний студентам, на методы, стимулирующие процесс управления их обучением, активного внедрения в учебный процесс принципов и методов интерактивного обучения [7].

Самостоятельная работа по дисциплине включает в себя: индивидуальные домашние задания; курсовое проектирование; подготовку к защите курсового проекта; подготовку к экзаммену.

Самостоятельная работа более всего требует «самости» студента, мотивации к ее выполнению. При этом существенно важными в деятельности преподавателей выступают следующие позиции: восстановление положительного отношения к учению (решение доступных задач, создание ситуаций успеха и условий для переживания успеха, поддержание уверенности в студенте; ориентация на процесс, а не на результат учебной деятельности (составление планов своей работы, связывание отдельных действий в систему, усиление адекватных критических суждений студента, ориентация на предыдущие успехи обучающегося); формирование у студентов умения учиться (расширение запаса знаний и устранение пробелов в знаниях, обучение выполнению действий по инструкции, опора на наглядность, планы, схемы, проговаривание своих действий) [8].

Эффективность самостоятельной работы в процессе обучения во многом зависит от условий ее организации, от содержания и характера знаний, логики их изложения, от взаимосвязи имеющихся и предполагаемых знаний, от содержания данного вида самостоятельной работы, от качества достигнутых студентом результатов в ходе выполнения этой работы [9].

Для правильного методического контроля учебной деятельности студента и обеспечения преподавания дисциплины все применяемые формы контроля самостоятельной работы следует описывать в фондах оценочных средств по дисциплине. Это систематизирует оценочные средства по всем формам проведения контроля, облегчает процедуры оценивания результатов обучения, позволяет получить объективные и

достоверные результаты при проведении контроля самостоятельной работы [10].

Для оценивания степени сформированности компетенций при освоении дисциплины «Теплоснабжение» был сформирован фонд оценочных средств (ФОС) – комплект методических материалов, содержащих оценочные средства для проведения входного, текущего и промежуточного контроля по дисциплине, а также сформулированы критерии формирования компетенций, являющиеся количественными моделями качественных целей формирования компетенций [4].

Запланированные результаты обучения могут быть достигнуты только с учетом всех особенностей обучающегося: траектории обучения в пределах дисциплины должны быть индивидуальными для каждого обучающегося, и, следовательно, учебно-методическое обеспечение дисциплины должно описывать гибкую траекторию ее изучения с учетом индивидуальных особенностей каждого обучающегося. Это является одним из условий обеспечения качества образования [10].

Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе преподавателя. Этот вид контроля стимулирует обучающихся к систематической самостоятельной работе по изучению дисциплины. Формы текущего контроля могут быть весьма разнообразны. Разнообразие форм контроля позволяет исключить однообразие и рутинность из учебной деятельности, вызвать интерес, стимулировать проявление фантазии и мотивировать студента к выполнению работ и заданий. Из опыта составления фондов оценочных средств в СибГИУ возможно выделение целого списка форм текущего контроля. Для удобства формы контроля классифицированы следующим образом:

– устные формы контроля (в виде устных опросов): собеседование; коллоквиум; зачет; экзамен; защита лабораторной работы;

– письменные формы контроля (в виде практической работы): тест; контрольная работа; эссе; реферат; курсовая работа; научно-учебный отчет по практике; отчет по НИРС; решение задач; расчетно-графическая работа; ситуационная задача; кейс-задача;

– технические формы контроля (с использованием технических средств): компьютерное тестирование; учебная задача, выполняемая с помощью технических средств.

Текущий контроль по дисциплине «Теплоснабжение» проводится в следующих письменных формах: тест; курсовой проект, решение задач, ситуационная задача, кейс-задача.

В тесте содержится до 10 вопросов, дается до трех минут на один вопрос. Обучающийся должен отметить правильный(ые) ответ(ы). За каждый правильный ответ присваивается от 0,1 до 1 балла, но не более 1 балла за каждый вопрос. За каждый неправильный ответ отнимается до 0,2 балла. Общее количество баллов за тест определяется простым сложением. В зависимости от процентного соотношения набранных баллов от общего максимально возможного за тест количества баллов уровень освоения соответствующих разделов дисциплины можно оценить следующим образом: продвинутый, базовый, низкий, раздел не освоен.

Курсовой проект выполняется в течение семестра по графику курсового проектирования, выделяется до 10 минут на защиту готового проекта. По итогам выполнения и защиты курсового проекта выставляется одна из оценок: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно. При выставлении оценки учитываются: правильность выполнения предусмотренных проектом заданий, изложение пояснительной записки, оригинальность суждений, логика изложения, аккуратность и грамотность выполнения пояснительной записки и чертежей, правильность ответов на вопросы при защите, сроки выполнения проекта.

Решение задач – до 2 часов на одну задачу. При решении задач учитываются следующие критерии: правильность выполнения задачи, логика и обоснованность принимаемых решений.

Ситуационная задача – до 2 часов на одну ситуационную задачу. Ситуационная задача, а также необходимая литература для ее решения выдаются студенту в начале занятия. Ситуационная задача оценивается по пяти критериям: соответствие исходным данным; риски и последствия принимаемых решений; логика, последовательность решения задачи; творческий подход в решении задачи; потенциальная применимость решения. Каждый из критериев оценивается по индивидуальной шкале, максимально возможное количество баллов за один критерий – 2. Итого за решение ситуационной задачи максимальное количество баллов – 10.

Кейс-задача – до 4 часов на подготовку к кейс-задаче, до 2 часов непосредственно на выполнение. Кейс-задачи преподаватель подбирает до занятия. На занятии, чтобы максимально активизировать работу с кейсом, вовлечь студентов в процесс анализа и принятия

решений, каждая студенческая группа разбивается на подгруппы (3 – 5 человек). Каждая подгруппа получает задание. После занятия преподавателем осуществляется оценивание работы каждой подгруппы студентов, принятые ими решения и поставленные вопросы. Кейс-задача оценивается по тем же критериям, что и ситуационная. Каждый из критериев оценивается по индивидуальной шкале, максимально возможное количество баллов за один критерий – 2. Итого за решение кейс-задачи максимальное количество баллов – 10.

Итоговой формой контроля качества освоения образовательной программы сформированности компетенций у студентов по дисциплине «Теплоснабжение» является экзамен. По результатам экзамена студенту выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно или неудовлетворительно). Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и одну задачу. Вопросы и задача выбираются случайным образом из утвержденного списка вопросов и задач по дисциплине. Время на подготовку каждому обучающемуся до 30 минут, непосредственно на экзамен – до 10 минут. Выставление оценок на экзамене осуществляется на основе принципов объективности, справедливости, всестороннего анализа уровня знаний студентов.

Опыт преподавания дисциплины «Теплоснабжение» в СибГИУ показал, что наибольшая эффективность учебной деятельности достигается при сочетании различных форм контроля учебной деятельности. Это обеспечивает гибкую траекторию формирования компетенций как для дисциплинированных, так и для недисциплинированных студентов, даже если они будут нерегулярно посещать занятия. Для правильного обеспечения компетентностной ориентации учебной деятельности следует организовывать различные формы контроля при изучении дисциплины: входной контроль (позволяет оценить уровень подготовленности студента к изучению дисциплины и обеспечить гибкую траекторию формирования компетенций), текущий контроль (в различных формах обеспечивает формирование компетенций), промежуточный контроль (позволяет оценить освоение дисциплины студентом и уровень сформированности компетенций по дисциплине в целом).

**Выводы.** Управление учебной деятельностью студента – процесс весьма сложный и многогранный. Компетентностная ориентация этого процесса может быть достигнута только при взаимодействии студента с преподавателем. При этом задачей преподавателя является

не передача знаний как таковых, а организация деятельности студента при выполнении заданий, мотивирование студента к их выполнению, проявлению творческих способностей, повышение готовности к решению профессиональных задач, развитие способности к самообучению и самообразованию. Высокий уровень самостоятельности студента является залогом повышения его компетентности и успешной профессиональной деятельности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Д о н е ц З.Г., М а м а е в И.И., Ш и б а е в В.П. Учебная дисциплина как целостная модель организации обучения студентов на интегративной основе. – В кн.: Теоретические и прикладные проблемы современной педагогики. Сб. статей по материалам Международной науч.-практ. конференции.– Ставрополь: АГРУС, 2012. С. 73 – 81.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего образования (ВО) по направлению подготовки 08.03.01 – Строительство (бакалавриат), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 201.
3. Б а к л у ш и н а И.В., З о р я И.В. Об опыте создания учебного плана для бакалавров направления 08.03.01 Строительство в Сибирском государственном индустриальном университете, г. Новокузнецк // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1. № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/10/2015\\_№1-Баклушина.pdf](http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/10/2015_№1-Баклушина.pdf) (Дата обращения 15 мая 2016 г.).
4. Н о в и к о в А.М. Методология образования. – М.: «Эгвес», 2006. – 488 с.
5. З а й ч е н к о В.Н. Педагогический процесс в высшей школе. Учебное пособие. – Волгоград: изд. Волгоградской государственной академии физической культуры, 2010. – 159 с.
6. Д о н с к о в а Е.В. Оценка сформированности профессиональных компетенций студентов – будущих учителей физики // Обучение и воспитание: методики и практика. 2013. № 10. С. 256 – 260.
7. Ф е о к т и с т о в А.В., К о л ь ч у р и н а И.Ю., В о л к о в а Т.А. Методика применения кейс-метода в преподавании учебной дисциплины «Управление качеством»

- // Современные вопросы теории и практики обучения в вузе. 2014. № 17. С. 34 – 38.
8. Мамаева Н.А., Львова В.Д, Мамаева Д.В. Педагогическая модель формирования учебной мотивации студентов технических вузов в процессе изучения математики // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2015. № 1 (59). С. 47 – 55.
9. Баклушина И.В., Башкова М.Н. Организация и контроль самостоятельной работы студентов // Вестник СибГИУ. 2014. № 4. С. 62 – 65.
10. Баклушина И.В., Башкова М.Н., Мирнова Е.В., Арнаут Д.А. Контроль самостоятельной работы как управление учебной деятельностью студентов // Вестник СибГИУ. 2015. № 1. С. 95 – 97.

© 2016 г. И.В. Баклушина  
Поступила 17 мая 2016 г.

УДК 378+377.3

*Баклушина И.В., Башкова М.Н.*

Сибирский государственный индустриальный университет

## О РЕАЛИЗАЦИИ ВОЗМОЖНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОЛУЧЕНИЯ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПРОФЕССИИ РАБОЧЕГО ПРИ ОСВОЕНИИ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

В рамках Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 г. в качестве целевого ориентира развития системы образования обозначено создание программ прикладного бакалавриата, обеспечивающих современную квалификацию специалистов массовых профессий.

В Сибирском государственном индустриальном университете (СибГИУ) (г. Новокузнецк) реализуется Основная образовательная программа (ООП) по направлению 08.03.01 «Строительство» уровня бакалавриата в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) [1]. Структура программы бакалавриата включает обязательную часть (базовую), и часть, которая формируется участниками образовательных отношений (вариативную). Это обеспечивает возможность реализации программ бакалавриата, имеющих различную направленность (профиль) образования в рамках одного направления подготовки [2]. Основная образовательная программа бакалавриата, реализуемая в СибГИУ, в качестве основных имеет практико-ориентированные виды профессиональной деятельности и, следовательно, является прикладной. Для этого программой предусматривается возможная траектория получения обучающимися

ся профессии рабочего «Маляр строительный второго разряда» в соответствии с профессиональным стандартом «Маляр строительный» [3].

Квалификационные характеристики профессии «Маляр строительный» (второй разряд) содержатся в Национальном реестре профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации (раздел F «Строительство» по Общероссийскому классификатору видов экономической деятельности, «Квалифицированные рабочие крупных и мелких промышленных предприятий, художественных промыслов, строительства, транспорта, связи, геологии и разведки недр» по Общероссийскому классификатору занятий).

При разработке траектории получения профессии «Маляр строительный» рабочей группой было сопоставлено описание квалификации в профессиональном стандарте с требованиями к результатам подготовки по ФГОС ВО 08.03.01 (табл. 1). Обобщенные трудовые функции профессионального стандарта соответствуют виду профессиональной деятельности в производственно-технологической части, а трудовые функции – профессиональным компетенциям ПК-5 и ПК-8. В табл. 2 определены планируемые результаты освоения траек-

**Сопоставление описания квалификации в профессиональном стандарте «Маляр строительный» с требованиями к результатам подготовки по ФГОС ВО 08.03.01**

ПС «Маляр строительный»	ФГОС ВО 08.03.01 – Строительство
Обобщенные трудовые функции 2 уровня квалификации	Вид профессиональной деятельности
Очистка, протравливание и обработка поверхностей для окрашивания и оклеивания обоями	Производственно-технологическая и производственно-управленческая практика
Окончательная подготовка поверхностей для окрашивания и оклеивания обоями	
Трудовые функции	Профессиональные компетенции
Очистка поверхностей и предохранение от набрызгов краски	Знание требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов (ПК-5) Владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования (ПК-8)
Протравливание и обработка поверхностей	

тории получения обучающимися профессии «Маляр» в соответствии с производственно-технологическим видом деятельности. Для реализации траектории получения обучающимися этой профессии структурой ООП ВО 08.03.01 «Строительство» предусматривается:

– приобретение компетенций ПК-5 и ПК-8 [1] в ходе освоения обучающимися обязательных дисциплин «Технологические процессы в строительстве» и «Строительные материалы», относящихся к базовой и вариативной частям блока 1 «Дисциплины (модули)»;

– приобретение практического опыта и умений в ходе учебной практики – практики по профессии (тип учебной практики – практика по получению первичных профессиональных умений и навыков) в блоке 2 «Практики».

Практика может быть осуществлена в структурных подразделениях СибГИУ или в строительных, ремонтных организациях, на предприятиях, а также в иных учреждениях, осуществляющих работы по ремонту, реконструкции, строительству и обслуживанию зданий и сооружений. Продолжительность практики – 4 недели в 4 семестре после сессии. Общее учебно-методическое руководство и контроль за прохождением практики осуществляют назначенные кафедрами руководители практики от института. Мастер производственного обучения оказывает консультативную помощь в освоении профессиональных умений и навыков. По окончании практики студент должен сдать объем вы-

полненных работ мастеру производственного обучения и представить руководителю практики от института письменный отчет. В случае, если студент проходил практику не в СибГИУ, отчет о практике по профессии должен быть рассмотрен, оценен, подписан руководителем практики от предприятия и заверен печатью организации. Защита отчета по практике принимается руководителем практики от кафедры университета и проводится в форме индивидуального собеседования. По итогам дифференцированного зачета выставляется оценка.

Профессиональное обучение по ОПО по профессии рабочего «Маляр строительный» завершается итоговой аттестацией в форме квалификационного экзамена. Лицам, успешно сдавшим квалификационный экзамен, присваивается разряд по результатам профессионального обучения и выдается свидетельство о профессии рабочего «Маляр строительный второго разряда».

Для успешной реализации возможной траектории получения обучающимися профессии рабочего авторам показалось интересным узнать мнение самих обучающихся. Для этого был проведен опрос 40 студентов II и III курсов в возрасте 19 – 22 лет.

Большинство опрошенных (47,5 %) находятся в возрасте 20 лет, примерно треть – девушки (30 %). Более 80 % опрошенных признают необходимость получения рабочей профессии в соответствии с профессиональными стандартами при освоении основной образовательной

**Планируемые результаты освоения траектории получения обучающимися профессии «Маляр строительный второго разряда»**

Практический опыт	Умения	Знания
<b>ПК-5</b>		
Очистка поверхностей	Пользоваться металлическими шпателями, скребками, щетками для очистки поверхностей	Инструкции по охране труда, электробезопасности и пожарной безопасности при подготовительных работах
Соскабливание старой краски с расшивкой трещин и расчисткой выбоин	Пользоваться пылесосом, воздушной струей от компрессора при очистке поверхностей	Правила эксплуатации, принцип работы и условия применения пылесосов и компрессоров
Предохранение поверхностей от набрызгов краски	Устанавливать защитные материалы (скотч, пленки) для предохранения поверхностей от набрызгов краски	Способы и материалы для предохранения поверхностей от набрызгов краски
Приготовление нейтрализующего раствора	Отмеривать и смешивать компоненты нейтрализующих и протравливающих растворов	Правила применения олиф, грунтов, пропиток, протравливающих и нейтрализующих растворов Виды и правила использования средств индивидуальной защиты, применяемых при протравливающих работах Правила безопасности при работе с нейтрализующими, протравливающими и лакокрасочными материалами
<b>ПК-8</b>		
Сглаживание поверхностей вручную	Удалять старую краску с расшивкой трещин и расчисткой выбоин	Способы и правила подготовки поверхностей под окрашивание и оклеивание
Подмазывание отдельных мест	Наносить на поверхности олифу, грунты, пропитки и нейтрализующие растворы кистью или валиком	Назначение и правила применения ручного инструмента и приспособлений
Протравливание цементной штукатурки нейтрализующим раствором		Виды и свойства основных протравливающих и нейтрализующих растворов, грунтов, пропиток
Проолифливание деревянных поверхностей кистью и валиком		Способы и правила нанесения олиф, грунтов, пропиток, протравливающих и нейтрализующих растворов
Обработка недеревянных поверхностей грунтами и пропитками кистью или валиком		Сортамент, маркировка, основные свойства олиф, нейтрализующих и протравливающих растворов

программы высшего образования и выражают готовность к ее получению в рамках учебной практики после II курса (82,5 %). Примечательно, что большинство отрицающих необходимость получения профессии и готовность к ее получению – юноши. Они же считают, что при условии работы на руководящей должности умения и навыки им не пригодятся. Подавляющее большинство респондентов (87,5 %) выражают мнение о том, что знания, умения и навыки рабочей профессии пригодятся им в будущей жизни.

На вопрос «Какую рабочую профессию Вы бы хотели получить в области строительства в соответствии с профессиональными стандартами?» 50 % опрошенных выбрали ответ «Маляр строительный», 37,5 % – «Монтажник систем вентиляции и кондиционирования воздуха», 12,5 % – «Арматурщик», 1 % – «Бетонщик». Таким образом, решение о получении обучающимися профессии рабочего «Маляр строительный второго разряда» в соответствии с профессиональным стандартом нашло свое подтверждение в опросе студентов.

Среди ответов на вопрос «Какие результаты Вы ждете от прохождения практики?» лидирует ответ «умения и навыки» (41,3 %), далее – удостоверение рабочего по профессии (30,4 %), оставшаяся часть ответов – возможность начать карьеру в области строительства (25 %); 5 % опрошенных отметили, что ожидают получения умений и навыков, удостоверения и возможности карьерного роста.

**Выводы.** Подавляющее большинство студентов признала необходимость получения рабочей профессии в соответствии с профессиональными стандартами при освоении ООП высшего образования, выразила готовность к ее получению в рамках учебной практики после II курса и высказала мнение о том, что знания, умения и навыки рабочей профессии пригодятся им в будущей жизни, даже если они будут работать на руководящей должности. Кроме того, отмечается большое разнообразие ожидаемых результатов после прохождения практики, что свидетельствует о заинтересованности и ответственности студентов. Реализуемая в СибГИУ программа бакалавриата по направлению 08.03.01 «Строительство» обеспечивает практикоориентированность при реализации уровня высшего образования, выполняет требования ФГОС ВО, профессионального стандарта и работодателей – заказчи-

ков выпускников Архитектурно-строительного института.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего образования (ВО) по направлению подготовки 08.03.01 – Строительство (бакалавриат), утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 марта 2015 г. № 201.
2. Б а к л у ш и н а И.В., З о р я И.В. Об опыте создания учебного плана для бакалавров направления 08.03.01 Строительство в Сибирском государственном индустриальном университете, г. Новокузнецк [Электронный ресурс] // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Том. 1, № 1 – Режим доступа: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2015/10/2015№1 - Баклушина.pdf> (Дата обращения 20 мая 2016 г.).
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 25 декабря 2014 г. № 1138н «Об утверждении профессионального стандарта «Маляр строительный».

© 2016 г. И.В. Баклушина, М.Н. Башкова  
Поступила 26 мая 2016 г.

### ПАМЯТИ ИВАНА ФИЛИППОВИЧА СЕЛЯНИНА



11 июня 2016 года на 76-ом году жизни скоропостижно скончался доктор технических наук, профессор Селянин Иван Филиппович

И.Ф. Селянин родился 29 апреля 1940 г. в селе Ребриха Алтайского края. В 1963 г. окончил Сибирский металлургический институт (ныне СибГИУ) по специальности «Литейное производство черных и цветных металлов».

С 1963 по 1966 гг. работал мастером в литейном цехе Алтайского моторного завода (г. Барнаул). С 1966 по 1969 гг. обучался в аспирантуре на кафедре литейного производства. В 1968 г. стал ассистентом, а в 1969 г. – старшим преподавателем. Талантливый педагог, Иван Филиппович через год получил звание доцента. С 1986 по 1999 гг. заведовал кафедрой литейного производства, а с 1999 г. и до 2016 г. работал в должности профессора кафедры материаловедения, литейного и сварочного производства. Общий стаж его научно-педагогической деятельности составляет более 50 лет.

В 1969 г. Иван Филиппович защитил кандидатскую диссертацию по теме «Исследование термоэлектрических свойств железоуглеродистых сплавов, легированных графитизирующими и отбеливающими элементами», а в 1994 г. – докторскую диссертацию «Разработка и исследование ваграночного комплекса для плавки чугуна и его оптимизация по конструктивным и технологическим параметрам». В 1994 г. И.Ф. Селянину было присвоено ученое звание профессора.

Он автор 350 научных работ, 5 монографий, 4 учебных пособий. У Ивана Филипповича 30 авторских свидетельств и патентов. В рамках научной школы, которой руководил талантливым педагогом, подготовлено 15 кандидатов и один доктор технических наук.

Основные труды профессора И.Ф. Селянина посвящены аэродинамике движения газов, кинетике горения топлив, процессам теплообмена в низкошахтных печах; исследованию процессов затвердевания литейных сплавов, разработке теории жидкого состояния и оптимизации температурных режимов обработки металлических расплавов для получения литейных сплавов с заданными свойствами; разработке ресурсосберегающих технологий производства литых изделий с использованием физических модифицирующих воздействий.

Результаты исследований позволили разработать ряд практических рекомендаций, которые успешно внедрены и используются в металлургических и машиностроительных производствах. Так, под руководством профессора И.Ф. Селянина спроектированы, построены и пущены в эксплуатацию 13 низкошахтных печей на предприятиях СССР и Российской Федерации.

Иван Филиппович был одним из ведущих профессоров СибГИУ. Его научная и педагогическая деятельность отмечена различными наградами – почетными знаками «Отличник высшей школы» (1980 г.), «Изобретатель СССР» (1985 г.), юбилейной медалью «65 лет Кузбассу» (2007 г.). В 2010 г. ему присвоено звание «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации». В 2011 г. профессор Селянин был удостоен Золотой медали в области инноваций Российско-американского инженерного общества. Ивану Филипповичу было присвоено звание Почетного профессора Кузбасса, он был членом-корреспондентом Сибирского отделения Международной Академии наук высшей школы (СО МАН ВШ), членом редколлегии журнала «Известия вузов. Черная металлургия».

Иван Филиппович Селянин принадлежал к той редкой породе людей, которые способны бескорыстно служить людям и науке, всего себя отдавать любимому делу, не жалея ни времени, ни собственных сил. Он подготовил многочисленную когорту инже-



нерно-технических работников для промышленных предприятий России, воспитал целую плеяду ученых – его последователей.

Светлая память об учителе, соратнике, коллеге и друге будет жить в наших сердцах.

Коллектив СибГИУ, редакция журнала скорбит по поводу скорпостижной смерти профессора, доктора технических наук Ива-

на Филипповича Селянина и выражает глубокое соболезнование родным и близким покойного.

Ректорат, профком,  
кафедра материаловедения, литейного и  
сварочного производства,  
кафедра менеджмента качества

## РЕФЕРАТЫ

---

УДК 622.831

Развитие и совершенствование полимерных технологий на угольных шахтах Кузбасса / Чубриков А.В., Риб С.В. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 3.

Обозначена актуальность использования полимерных технологий на угольных шахтах Кузбасса. Перечислены направления применения полимерных технологий в настоящее время: упрочнение горного массива, предотвращение вывалов и отжимов горных пород, крепление горных выработок, изоляция горного массива от самовозгорания, аэроизоляция и тампонаж горных выработок, заполнение куполов и пустот, гидроизоляция. Рассмотрена сущность упрочнения горного массива упрочняющими составами, из которых широкое распространение получили полиуретановые и органоминеральные (силикатные) смолы. Поставлены задачи для совершенствования применяемых полимерных технологий на угольных шахтах. Табл. 1. Библ. 10.

**Ключевые слова:** упрочнение горных пород, органоминеральные смолы, куполообразование, состояние массива горных пород, полимерные технологии, угольная шахта.

Development and improvement of polymer technology at coal mines in Kuzbass / Chubrikov A.V., Rib S.V. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 3.

The relevance of the designated use of polymer technology at coal mines in Kuzbass. Listed direction using polymer technology at the moment: the hardening of the rock mass, prevent windfalls and spin rock Excavation support, isolation of the mountain massif of spontaneous combustion, and plugging aero isolation mining, filling voids and domes, waterproofing. It shows the nature of hardening of the rock mass reinforcing compositions of which are widely used polyurethane and organic (silicate) resin. The tasks for the improvement of polymer technologies used in coal mines. Table 1. Ref. 10.

**Keywords:** consolidation of rocks, organic-resin doming, the condition of the rock mass, polymer technology, coal mine.

УДК 622.831

Обоснование параметров схемы отработки слепых сближенных железорудных залежей / Шеховцова В.О. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 6.

Исследовано напряженно-деформированное состояние пород при различных схемах отработки слепых сближенных рудных залежей. Численным моделированием методом конечных элементов определены горизонтальные и вертикальные деформации, напряжения, смещения в породном целике между залежами при параллельной и последовательной схемах ведения очистных работ по этажам. Проведен анализ результатов и установлены соотношения количественных значений деформаций, напряжений и смещений при параллельной и последовательной схемах выемки запасов. Рекомендована схема отработки слепых сближенных железорудных залежей. Ил. 5. Библ. 7.

**Ключевые слова:** слепые сближенные рудные залежи, численное моделирование, схема отработки, напряжения, деформации, смещения.

Justification of parameters of the scheme of working off of the blind pulled together iron-ore deposits / Shehovtsova V.O. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 6.

The intense strained state of breeds at various schemes of working off of the blind pulled together ore deposits is investigated. Numerical model operation by a finite element method defined horizontal and vertical deformations, tension, shifts in a pedigree tselik between deposits at parallel and serial schemes of conducting clearing works on floors. The analysis of results is carried out and ratios of the quantitative values of deformations, tension and shifts at parallel and serial schemes of dredging of stocks are established. The scheme of working off of the blind pulled together iron-ore deposits is recommended. Fig. 5. Ref. 7.

**Keywords:** the blind pulled together ore deposits, numerical model operation, the scheme of working off, tension, deformation, shift.

## УДК 669.018.25:622.24.051

Карбидовольфрамовые твердые сплавы триботехнического назначения / Осколкова Т.Н. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 11.

На поверхности твердого сплава VK10KS получено сверхтвердое покрытие с нанотвердостью 27500 МПа, образованное в результате импульсной плазменной обработки после электровзрыва титана с бором. Экспериментально установлено, что в поверхностном слое формируются новые фазы  $TiB_2$ ,  $TiC$ ,  $W_2C$  с высокими твердостями. В результате этого коэффициент трения снизился до значений  $\mu = 0,1$  по сравнению с исходным  $\mu = 0,41$ . Ил. 4. Библ. 15.

**Ключевые слова:** импульсная плазменная обработка, карбидовольфрамовые твердые сплавы, нанотвердость, износостойкость, взрывааемый проводник, микроструктура.

WC-Co hard alloys for tribotechnical purposes / Oskolkova T.N. // The Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 11.

A superhard coating with nanohardness of 27500 MPa which is formed as a result of impulse plasma treatment after the explosion of Ti and B was received on the surface of the hard alloy VK10KS. During the experiment it was established that in the surface layer new phases  $TiB_2$ ,  $TiC$ ,  $W_2C$  with high hardnesses were formed. As a result the index of friction reduced to  $\mu = 0.1$  in comparison with the initial one  $\mu = 0.41$ . Fig. 4. Ref. 15.

**Keywords:** impulse plasma treatment, WC-Co hard alloys, nanohardness, wear resistance, explosive conductor, microstructure.

## УДК 621.791:624

Термодинамика реакций восстановления  $WO_3$  углеродом / Козырев Н.А., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Шурупов В.М., Козырева О.Е. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 15.

Проведены термодинамические расчеты реакций восстановления  $WO_3$  с использованием углерода и CO до вольфрама W и карбидов вольфрама  $W_2C$  и WC при температурах 1500 – 3500 К в стандартных условиях и в условиях состава газовой фазы, отвечающих равновесию реакции газификации углерода  $CO_2 + C = 2CO$ . Полученные термодинамические характеристики реакций показывают, что наибольшую термодинамическую вероятность имеют процессы прямого восстановления  $WO_3$  углеродом. При этом более термодинамически вероятно образование карбидов  $W_2C$  и WC, а затем вольфрама. Термодинамическая вероятность образования этих же карбидов прямым соединением вольфрама и углерода существенно меньше. Табл. 2. Ил. 1. Библ. 6.

**Ключевые слова:** вольфрам, реакции восстановления, порошковая проволока, карбид вольфрама, энергия Гиббса.

Thermodynamics of  $wO_3$  reduction reactions with carbon / Kozyrev N.A., Bendre Y.V., Goryushkin V.F., Churupov V.M., Kozyreva O.E. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 15.

In this paper we study the behavior during the processes of heating and cooling of welding fluxes made from highly basic ladle slag production of rail steel grades. The possibility of using steelmaking ladle slag for the manufacture of flux has been shown. As a result of the experiments, the optimal ratio of ladle slag - water glass for the manufacture of ceramic flux, as well as the parameters of welding, providing the reception during submerged arc welding stability and good weld quality has been selected. It has been established that melting slag begins at the temperature of 1210 °C and proceeds in two stages. Eutectic mixture is melted at temperatures of 1210 – 1300 °C, refractory compounds - 1300 – 1450 °C. Slag crystallization occurs upon cooling of slag in the reverse sequence, and ends when the temperature is  $\approx 1300$  °C. The authors offer the technology of manufacturing the ceramic flux ladle slag in a ratio of sodium silicate and 67 % and 33 % respectively. The optimal welding parameters have been sorted out. Table 1. Fig. 1. Ref. 6.

**Keywords:** tungsten, reduction reaction, flux cored wire, tungsten carbide, Gibbs energy.

## УДК 621.785

Сравнительный анализ микроструктуры и свойств дифференцированно и объемно термоупрочненных рельсов / Полевой Е.В., Добужская А.Б., Темлянец М.В. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 18.

Развитие железнодорожного движения привело к появлению новых высокоскоростных магистралей, появлению нового подвижного состава, увеличению осевых нагрузок, что, в свою очередь, повлекло за собой возникновение новых требований к элементам верхнего строения пути. В частности к современным железнодорожным рельсам с вводом нового ГОСТ Р 51685 – 2013 предъявляют повышенные требования по прямолинейности, твердости, прочности, остаточным напряжениям, предусмотрено производство новых категорий дифференцированно термоупрочненных по сечению рельсов увеличенной до 100 м длины. Для обеспечения рельсовой продукции современным требованиям в 2012 – 2013 гг. на АО «ЕВРАЗ ЗСМК» проведена масштабная модернизация рельсового производства с освоением технологии дифференцированного термоупрочнения железнодорожных рельсов с использованием тепла прокатного нагрева. В ходе освоения новой технологии был проведен ряд научно-исследовательских работ по выявлению оптимального химического состава и режимов термической обработки рельсов. Представлены результаты сравнительного анализа микроструктуры и свойств дифференцированно упрочненных на опытной установке рельсов категории ДТ350 из стали марки Э676ХФ и объемнозакаленных рельсов категории Т1 из стали марки Э76Ф. По результатам исследования установлено изменение параметров структуры при изменении химического состава и способа термического упрочнения и влияние их на свойства рельсов. Табл. 3. Ил. 5. Библ. 14.

**Ключевые слова:** рельсы, микроструктура, термическая обработка, скорость охлаждения, перлит, ферритная сетка, хром, воздушная среда, химический состав, электронная микроскопия, дифференцированная закалка, объемная закалка.

The comparative analysis of a microstructure it is differentiated thermally strengthened and it is volume thermally strengthened rails / Polevoj E.V., Dobuzhskaya A.B., Temlyantsev M.V. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 18.

Railway traffic development has led to occurrence of new high-speed highways, occurrence of a new rolling stock, increase in axial loadings that has in turn caused occurrence of new requirements to elements of the top structure of a way. In particular to modern railway rails with input of new GOST P 51685-2013 show increased requirements on straightforwardness, to hardness, durability, residual pressure, manufacture of new categories is provided differentiated the rails of the length increased to 100 m thermostrengthened on section. For maintenance of rail production to modern requirements in 2012-2013 on joint-stock company «EVRAZ ZSMK» scale modernisation of rail manufacture with development of technology of the differentiated thermohardening of railway rails with use of heat of rolling heating is spent. During development of new technology a number scientifically - research works on revealing of an optimum chemical compound and modes of thermal processing of rails has been spent. In the given work results of the comparative analysis of a microstructure and properties are presented is differentiated the rails of a steel of mark Э676HF of category ДТ350 strengthened on skilled installation and is volume the tempered rails of a steel of mark Э76F of category Т1. By results of research change of parameters of structure at change chemical influence and a way of thermal hardening and their influence on properties of rails is established. Table 3. Fig. 5. Ref. 14.

**Keywords:** rails, a microstructure, thermal processing, speed of cooling, a perlite, a ferrite grid, chrome, the air environment, a chemical compound, the electronic microscopy, the differentiated thermal processing, volume thermal processing/

## УДК 62.01:669.02/.09.002.5

Моделирование эксплуатационной надежности агрегатов технологической линии МНЛЗ как сложной технической системы / Савельев А.Н., Северьянов С.С., Савельева А.В. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 23.

Технологическая линия машины непрерывного литья заготовок не обладает необходимыми характеристиками эксплуатационной надежности: в настоящее время существует проблема внеплановых остановок агрегатов технологической линии МНЛЗ. Одной из немаловажных характеристик оборудования является продолжительность сроков службы агрегатов до отказа. Рассмотрена проблема моделирования сроков службы этого оборудования: на заводе была собрана информация сроков службы каждого из агрегатов МНЛЗ; в результате обработки статистического материала были получены вероятностные модели сроков службы каждого из агрегатов технологической линии. Учитывая тот факт, что агрегаты работают в разных условиях, они были скомпонованы в три группы, и на основе теории формирования сложных технических

систем была разработана модель сроков службы каждой из групп этой технологической линии. Сравнение полученных моделей по критерию Колмагорова показало, что полученные модели соответствуют статистическому материалу. Ил. 4. Библ. 7.

**Ключевые слова:** непрерывные технологические линии, машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), агрегаты технологической линии, эксплуатационная надежность, теория формирования сложных технических систем, моделирование сроков службы групп технологических агрегатов МНЛЗ.

Model operation of operational reliability of units of the technological MNLZ line as composite technical system / Savel'ev A.N., Sever'yanov S.S., Savel'eva A.V. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 23.

The process of continuous casting machine line does not possess the necessary characteristics of operational reliability. Hence, there is now a problem of unscheduled shutdowns of TL caster units. One of the important characteristics of the equipment is a long life to the full units. In this article, the attention is paid to solving the problem of modeling the service life of the equipment. To do this, the plant juices collected the information service of each of the caster assemblies. As a result of processing the statistical material, the probabilistic models of service life of each of the units of the production line were obtained. Taking into account the fact that the units are working in different conditions, they were arranged in three groups, and based on the theory of formation of complex engineering systems the model of lifetimes of each of the groups of the process line was developed. The comparison of the obtained models on the criterion of Kolmogorov showed that the obtained models corresponded to the statistical material. Fig. 4. Ref. 7.

**Keywords:** continuous processing lines, continuous casting machine (CCM), process line units, operational reliability, theory of the formation of complex technical systems, modeling of service life of a group of technological units of CCM.

#### УДК 621.01:669.02/.09

Особенности формирования динамических моделей многодвигательных гидроприводов холодильников МНЛЗ / Савельев А.Н., Козлов С.В., Анисимов Д.О. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 28.

Разработана модель и выполнена оценка ее применения для определения низкочастотных динамических процессов в многодвигательном гидроприводе холодильников, использующихся в металлургической промышленности. Сформирована математическая модель в виде системы дифференциальных уравнений движения масс динамической модели. Приведены результаты силового моделирования динамических процессов в вертикальном приводе холодильника шагающего типа. Сформированная в работе модель позволяет оценить возникающие в гидроприводе низкочастотные динамические процессы, что дает возможность рекомендовать эту модель к использованию в инженерных расчетах. Ил. 3. Библ. 2.

**Ключевые слова:** многодвигательный гидропривод, моделирование динамики, динамическая модель, динамические процессы.

Features of formation of dynamic models of multi-engine hydraulic actuators of MNLZ refrigerators / Savel'ev A.N., Kozlov S.V., Anisimov D.O. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 28.

In this paper the authors have developed a model and estimated its application for the determination of the low-frequency dynamic processes in multi-engine hydraulic drive of refrigerators used in the metallurgical industry. The mathematical model of a system of differential equations of motion of the mass of the dynamic model has been formed. The results of the simulation of the power of dynamic processes in the vertical drive cooler walking type have been given. The formed model allows us to estimate arising in the hydraulic drive low-frequency dynamic processes; it makes it possible to recommend this model for use in engineering calculations. Fig. 3. Ref. 2.

**Keywords:** multi-engine hydraulic drive, modeling of the dynamics, dynamic model, dynamic processes.

**УДК 621.51:621.313**

Исследование нагрева мощного высоковольтного синхронного электродвигателя при внезапном отключении системы охлаждения / Герасимук А.В., Кипервассер М.В., Топильская Е.Н. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 32.

Рассматривается аварийная ситуация, при которой происходит полное отключение системы охлаждения мощного синхронного электродвигателя с одновременным возникновением неполнофазного режима работы, приводящего к интенсивному нагреву обмоток. При этом принимается, что электрические защиты не отключают двигатель от сети. Для этих условий приводится расчет времени нагрева электродвигателя до максимально допустимой для него температуры (в соответствии с техническим паспортом), в течении которого двигатель должен быть отключен от сети техническим персоналом во избежание повреждения его обмоток термическим действием сверхтоков. Даны рекомендации по корректировке уставок токовой защиты от перегрузок. Библ. 8.

**Ключевые слова:** синхронный двигатель, нагрев, обрыв фазы, защита, авария

Research of heating of powerful high-voltage synchronous motor with a sudden disabling cooling systems / A.V. Gerasimuk, M.V. Kipervasser, E.N. Topilskaya // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 32.

The article deals with the emergency situation in which there is a complete shutdown of the cooling system of a powerful synchronous motor with the simultaneous appearance of open-phase operating mode, leading to the intense coil heat. It is assumed that the electric motor protection is not disconnected from the network. For these conditions the authors give the calculation of motor heating time up to its maximum allowable temperature (according to the data sheet), during which the motor must be disconnected from the mains by technical staff to avoid damaging of the windings with the thermal effect of overcurrent. Recommendations for adjusting the settings of the current overload protection have been given. Ref. 8.

**Keywords:** synchronous motor, heating, phase failure, protection, accident.

**УДК 721.011.72(470+570.1/.2)**

Атриумные здания на предстоящем эволюционном этапе архитектуры северного жилища / Назаренко И.К. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 35.

В связи с реконструкцией, реновацией и реструктуризацией существующих северных поселений и нарастающими темпами организации новых селитебных территорий в северных регионах России целесообразно расширение информации о результатах научных исследований в сферах проектирования, строительства и эксплуатации северного жилья. Изложены результаты исследования функционального наполнения атриумных жилых зданий, наиболее перспективных по ресурсосбережению в суровых природно-климатических и жестких антропогенных условиях Севера. Табл. 1. Библ. 3.

**Ключевые слова:** север Российской Федерации, суровые природно-климатические условия, жилые здания с атриумами, функции атриумов.

Atrium of a building on the upcoming evolutionary stage of the architecture of Northern shelters / Nazarenko I.K. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 35.

In connection with the reconstruction, renovation and restructuring of existing northern settlements and increasing the organization pace of new residential territories in northern regions of Russia, it would be advisable to improve information on the results of scientific research in the fields of design, construction and operation of the Northern housing. The paper presents the results of studies of functional filling atrium residential buildings, the most promising for resource conservation in harsh climatic and anthropogenic conditions of the North. Table. 1. Ref. 3.

**Keywords:** North of the Russian Federation, harsh climatic conditions, residen.

**УДК 721.011.72(470+570.1/.2)**

Морфология атриумных жилых зданий для северных условий / Назаренко И.К. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 40.

Из мировой практики проектирования, строительства и эксплуатации гражданских атриумных зданий отобраны и систематизированы по морфологии те, которые в наибольшей мере соответствуют потенциально возможному использованию при проектировании и строительстве жилья в суровых природно-климатических условиях Севера. Ил. 13. Библ. 1.

**Ключевые слова:** Север Российской Федерации, суровые природно-климатические условия, жилые здания с атриумами, формы атриумов.

Morphology of atrium residential buildings for Northern condtions / Nazarenko I.K. Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 40.

From the world designing practice, the construction and operation of civil buildings the authors selected and systematized on the morphology of those best suited to potentially possible use for the design and construction of housing in the harsh climatic conditions of the North. Fig. 13. Ref. 1.

**Keywords:** North of the Russian Federation, harsh climatic conditions, residential buildings with atriums, atrium forms.

#### УДК 711.4-168:725.4

Реабилитация промышленных территорий как один из факторов устойчивого развития городской среды / Дрожжин Р.А., Благиных Е.А. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 49.

Изложены проблемы градостроительного и территориального развития одного из крупнейших индустриальных городов Кемеровской области – Новокузнецка. Предложены варианты эффективного использования возможностей промышленных территорий Новокузнецка для обеспечения его устойчивого развития. Ил. 4. Библ. 3.

**Ключевые слова:** промышленные территории, реновация, реабилитация, устойчивое развитие.

Rehabilitation of industrial areas as one of the factors of sustainable development of the urban environment / Drozhzhin, R. A., Blaginikh E. A. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 49.

The paper is devoted to the problems of urban planning and territorial development of one of the largest industrial cities of the Kemerovo region – Novokuznetsk. The options for more effective use of industrial territories of Novokuznetsk to ensure its sustainable development have been offered. Fig. 4. Ref. 3.

**Keywords:** industrial areas, renovation, rehabilitation, sustainable development.

#### УДК 614.8.084

Оценка темпа изменения риска и экономического ущерба в результате травматизма, аварийности на электроэнергетическом предприятии / Фомин А.И., Поздняков А.Н., Лежава С.А., Семина И.С. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 55.

Получены математические модели, основанные на статистике несчастных случаев и инцидентов в ОАО «ЮК ГРЭС» за 2000 – 2014 гг., предназначенные для определения уровня травматизма и аварийности, суммарного фактического годового экономического ущерба от травматизма и аварийности, а также риска возникновения несчастных случаев, аварий и инцидентов в зависимости от годовых затрат на их предупреждение. Выполнена оценка темпа изменения экономического ущерба в результате травматизма и аварийности на единицу затрат путем дифференцирования математических моделей экономического ущерба в зависимости от годовых затрат на предотвращение несчастных случаев, аварий и инцидентов. Расчетно-графическим методом установлены оптимальные с экономической точки зрения диапазоны финансирования мероприятий по предотвращению травматизма и аварийности с использованием производных указанных моделей. Табл. 5. Ил. 8. Библ. 6.

**Ключевые слова:** травматизм, аварийность, экономический ущерб, риск, математические модели, электроэнергетическое предприятие.

Evaluation of the rate of change of risk and economic damage as a result of injuries, accidents on the electricity company / Fomin A.I., Pozdnyakov A.N., Lezhava S.A., Semina I.S. // Bulletin of SibSIU // – 2016. – № 2 (16). – P. 55.

The mathematical models based on the statistics of accidents and incidents of OJSC «Southern Kuzbass Power Plant» for 2000-2014 years, for determining the level: injuries and accidents, the actual total annual economic impact of injuries and accidents as well as the risk of accidents, accidents and incidents, depending on the annual costs for their prevention. The estimation of the rate of change of economic damage resulting from accidents, accidents in OJSC «Southern Kuzbass Power Plant» unit costs by differentiating the mathematical models of economic damage, depending on the annual costs for prevention of accidents and incidents. Cash-graphic method, the optimal from an economic point of view ranges of funding for the prevention of injuries and accidents, using derivatives of these models. Table 5. Fig. 8. Ref. 6.

**Keywords:** injuries, accidents, economic loss, risk, mathematical models, power plant.

#### УДК 658.5(075.8):331.5.024.54

Совершенствование организации труда на обогатительной фабрике / Баскакова Т.В., Борисова Т.Н., Быстров В.А. // Вестник СибГИУ. 2016 – № 2 (16). – С. 63.

Проанализированы проблемы организации труда на обогатительной фабрике на участке приемки и разгрузки угля, приводившие к задержке вагонов. Для устранения этих недостатков разработаны и внедрены мероприятия, позволяющие повысить производительность труда и снизить простои вагонов при разгрузке. В результате использования разработанных мероприятий научной организацией труда суммарный экономический эффект составит 638077 тыс. руб. Табл. 1. Ил. 2. Библ. 7.

**Ключевые слова:** научная организация труда, обогатительная фабрика, участок выгрузки угля, норма выработки.

Improving of work organization on a concentration plant / Baskakova T.V., Borisova T.N., Bystrov V.A. // The Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 63.

The article is devoted to the analysis of the problem of work organization on a concentration plant at the site of acceptance and unloading of coal, leading to the delay of wagons. To remove these shortcomings six activities have been developed and implemented, which improve the productivity and reduce the downtime of wagons during unloading. As a result of the use of the scientific work organization (SWO) events the total economic effect will amount 638077 thousand rubles. Table 1. Fig. 2. Ref. 7.

**Keywords:** scientific work organization (SWO), concentration plant, site of coal unloading, production rate.

#### УДК 338.2.658.

Ведущая роль НТП в управлении персоналом организации / Быстров В.А., Борисова Т.Н., Грекова Н.Ю., Трегунова О.Г. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 67.

Рассмотрена ведущая роль научно-технического прогресса в управлении персоналом организации, система закономерностей развития НТП, факторы воздействия на радикальное повышение роли персонала в управлении производством, изменение функций управления персоналом под воздействием развития НТП. Табл. 1. Ил. 3. Библ. 10.

**Ключевые слова:** научно-технический прогресс, функции управления персоналом, эффективность организации труда.

The leading role of STP in personnel management organization / Bystrov V.A., Borisova T.N., Grekova N.Yu., Tregubova O.G. // The Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 67.

The article deals with the leading role of scientific and technical progress (STP) in personnel management organization system of the regularities of the development of STP, impacts to dramatically improve the staff's role in managing production, changing the functions of personnel management under the influence of the development of STP. Table 1. Fig. 3. Ref. 10.

**Keywords:** scientific and technological progress, HR function, efficiency of work organization.



**УДК 378.147.88/37.018.4**

Управление учебной деятельностью при реализации дисциплины «Теплоснабжение» / Баклушина И.В. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 72.

Описывается опыт управления учебной деятельностью студентов при реализации дисциплины «Теплоснабжение» в Сибирском государственном индустриальном университете (г. Новокузнецк). Рассмотрены принципы организации учебной деятельности в процессе реализации дисциплины. Описаны формы текущего контроля и соответствующие им методические рекомендации по оцениванию степени сформированности компетенций. Библ. 10.

**Ключевые слова:** учебная деятельность, управление учебной деятельностью, формы текущего контроля, самостоятельная работа, фонд оценочных средств.

Management of educational activities in implementation of «Heat supply» discipline / Baklushina I.V. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 72.

This article describes the educational activity of students of management experience in the implementation of the discipline "Heat supply" in the Siberian State Industrial University, Novokuznetsk. The principles of the organization of educational activities in the implementation of the discipline. Described form of monitoring, as well as corresponding guidelines for evaluating the degree of development of competencies. Ref. 10.

**Keywords:** training activities, management of training activities, forms of monitoring, self-study, evaluation fund.

**УДК 378+377.3**

О реализации возможной траектория получения обучающимися профессии рабочего при освоении основной образовательной программы высшего образования / Баклушина И.В., Башкова М.Н. // Вестник СибГИУ. – 2016. – № 2 (16). – С. 76.

В рамках программы прикладного бакалавриата для обеспечения квалификации специалистов массовых профессий в СибГИУ реализуется программа бакалавриата по направлению 08.03.01 «Строительство», предусматривающая возможную траекторию получения обучающимися профессии рабочего «Маляр строительный второго разряда» в соответствии с профессиональным стандартом. Для реализации предполагаемой траектории предусматривается освоение компетенций ПК-5 и ПК-8 не только в ходе освоения обучающимися обязательных дисциплин «Технологические процессы в строительстве» и «Строительные материалы», но и приобретение практического опыта и умений в ходе учебной практики – практики по профессии. Табл. 2. Библ. 3.

**Ключевые слова:** компетенции, практика по профессии, прикладной бакалавриат, профессия рабочего, маляр строительный.

On the implementation of the possible trajectory of the profession produce trained workers during the development of the basic educational programs of higher education / Baklushina I.V., Bashkova M.N. // Bulletin of SibSIU. – 2016. – № 2 (16). – P. 76.

Within the framework of applied bachelor degree program for training of specialists in mass professions SibGIU realized undergraduate program in the direction of 08.03.01 "Construction", provides an opportunity trajectory obtaining teaching profession working "Painter Construction of 2nd category" in accordance with professional standards. To implement the proposed path provides the development of competences PC-5 and PC-8 not only in the course of studying the development of compulsory subjects "Processes in Construction" and "Building materials", but also practical experience and skills in the educational practice – the practice of the profession. Table 2. Ref. 3.

**Keywords:** Applied Bachelor, profession worker, "Painter Construction of 2nd category", competence PC-5 and PC-8, the practice of the profession.

## 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 экспертное заключение.

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

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 пространственных программ MS Excel, MS Visio и др., следует представлять в формате исходного прило-

жения (\*.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, ФИО 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 несложно-

го 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»)).

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*

Неунывахина Д.Т., *ведущий редактор*

Темлянцева Е.Н., *верстка*

Олендаренко Е.В., *менеджер по работе с клиентами*