

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 1, 2012

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Редакционная коллегия

С.П. Мочалов
(главный редактор)
Л.П. Мышляев
(зам. главного редактора)
М.В. Темлянец
(отв. секретарь)

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

Адрес редакции: 654007
г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42,
Сибирский государственный
индустриальный университет
каб. 433М
тел. 8-3843-74-86-28
http: www.sibsiu.ru
e-mail: redjizvz@sibsiu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Уманский А.А., Леонидов А.В. Влияние режимов транспортировки и нагрева слитков на качество их макроструктуры3
Вострецов Г.Н. Деформационная способность наплавленного теплостойкого металла типа Р2М8 при мартенситном превращении.....7
Воробьев С.В., Сизов В.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В. Градиенты структуры и фазового состава поверхности аустенитной стали 20Х23Н18 после электронно-пучковой обработки.....11

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Цветков А.Б., Фрянов В.Н. Математическое моделирование распределений перемещений и напряжений в кусочно-однородном изотропном массиве.....14
Лобанова Т.В. Сдвигение горных пород Таштагольского месторождения как отражение геодинамических процессов.....16

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

Андреева Я.А., Жуков И.А. Проблемы совершенствования трехсателлитных планетарных механизмов.....23
Воскресенский И.В., Воскресенская Т.П. Необходимость строительства скоростной трансзападной магистрали26

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Куниин П.Н., Рыбаков А.И. Нелинейный электропривод тянущей клетки МНЛЗ..... 30
Стерлигов В.В., Михайличенко Т.А., Турлак Н.В. Перспективы и возможности использования тепловых насосов в энергообеспечении Кузбасса.....34

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ермакова Л.А., Мочалов С.П., Калашников С.Н., Пермяков А.А. Физико-химическая модель горения капель водугольного топлива.....37
Бендре Ю.В., Зенцова С.В., Горюшкин В.Ф. Термические константы плавления бромида неодима (III)41

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Стеблюк А.Н. Исследование сырьевых материалов для дорожного бетона.....44
Панова В.Ф., Панов С.А. Модель работы с техногенными продуктами как сырьем для стройиндустрии.....47

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Рыбенко И.А., Мочалов С.П., Мочалов П.С., Калашников С.Н. Математическое моделирование процессов горения суспензионного водугольного топлива в вихревой топке52

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Ланге Л.Р., Дордин В.Д. Повторное использование промывных вод на Левобережном водозаборе г. Новокузнецка57

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Быстров В.А., Грекова Н.Ю., Трегубова О.Г.** Формирование рациональных программ управления электрошлаковым процессом упрочнения деталей новыми композиционными материалами.....60
- Первалова Э.В.** Методы формирования бюджета образовательного учреждения.....65

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

- Готьятова Т.Л.** Поиск констант философии поступка для решения проблемы целостности человеческой личности (по историко-философскому материалу Древней Греции).....70

СОЦИАЛЬНЫЕ НАУКИ

- Терскова С.Г.** Специфика социальной реабилитации инвалидов в регионе (на примере Кемеровской области)75
- Соколова М.А., Акимова Н.Ф.** Социальная политика в отношении несовершеннолетних в субъектах Российской Федерации.....79
- Рефераты**.....83
- К сведению авторов**.....87

Подписано в печать
18.06.2012 г.
Формат бумаги 60×88 1/8.
Бумага писчая.
Печать офсетная.
Усл.печ.л. 5,28.
Уч.-изд.л. 5,76.
Тираж 300 экз.
Заказ № 348.

Отпечатано в
Издательском центре
Сибирского государственного
индустриального университета

2012 г. А.А. Уманский, А.В. Леонидов

Сибирский государственный индустриальный университет

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ И НАГРЕВА СЛИТКОВ НА КАЧЕСТВО ИХ МАКРОСТРУКТУРЫ

В развитых странах доля разливаемой непрерывным способом стали приближается к 100 %, в отечественной металлургии порядка 25 % стали по-прежнему разливается в изложницы, что в пересчете на абсолютные показатели составляет около 15 млн. т/год. Именно поэтому исследования, направленные на совершенствование технологии производства и обработки слитков, являются актуальными.

Известно, что качество внутренней структуры слитков в значительной степени определяется режимами их затвердевания в процессах транспортировки и нагрева слитков под прокатку. Кристаллизация слитков, разлитых в изложницы, представляет собой сложный, многостадийный, продолжительный по времени процесс. По характеру изменения температуры различных зон слитка процесс кристаллизации отливок можно разделить на три периода (рис. 1): 1 – охлаждение в изложнице; 2 – охлаждение на воздухе (после снятия изложницы); 3 – нагрев под прокатку.

Начало первого периода характеризуется зарождением фронта кристаллизации. В этот момент перепад между температурами образовавшейся твердой корочки и жидкой сердцевины слитка составляет 300 – 400 °С. Интенсивности охлаждения поверхностного и осевого слоев слитка на протяжении первого периода практически не отличаются. Стрипперование слитков (снятие изложниц), которому соответствует начало второго периода, приводит к увеличению скорости охлаждения поверхности слитка и не оказывает заметного влияния на интенсивность охлаждения осевой зоны. В течение третьего периода, ограниченного временными рамками нахождения слитков в нагревательных колодцах, происходит разнонаправленное изменение температуры поверхностных и осевых слоев слитка: поверхность слитков интенсивно нагревается, в осевой зоне продолжается постепенное снижение температуры.

Продолжительность и соотношение продолжительностей указанных периодов кристаллизации определяют скорость затвердевания различных слоев слитка и оказывают

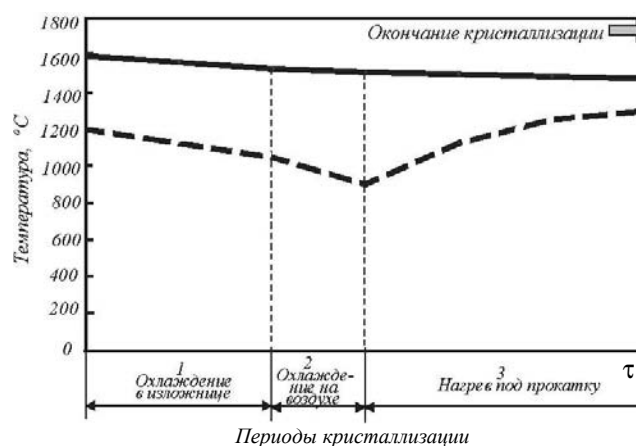


Рис. 1. Изменение температуры осевой зоны (—) и поверхностных слоев (---) слитка в процессе кристаллизации

значимое влияние на формирование качества внутренней структуры отливок. Однако среди исследователей отсутствует единое мнение об оптимальных режимах кристаллизации слитков. Так, хотя существует многочисленный положительный опыт внедрения на металлургических комбинатах технологии ускоренной транспортировки слитков к нагревательным колодцам и посадки их с незатвердевшей сердцевиной [1 – 3], ряд авторов приводит данные о резко негативном влиянии уменьшения времени охлаждения слитков на качество их макроструктуры. По данным исследований, проведенных на комбинате «Криворожсталь» (Украина), В.Г. Писаренко и его соавторы установили, что посад слитков стали марки ЗГтрпс с повышенным теплосодержанием влечет за собой увеличение потерь по усадочным дефектам более, чем в четыре раза [4]. Также в литературе приводятся данные о том, что технологию нагрева слитков с «жидкой» сердцевиной нецелесообразно применять для сталей сортамента с высокими требованиями по макроструктуре [5]. Такие рекомендации объясняются риском увеличения количества внутренних дефектов из-за уменьшения скорости кристаллизации осевых слоев слитка.

Повышение качества макроструктуры слит-

Продолжительность (τ) нагрева слитков при использовании различных технологий при различной температуре T посада слитков

Технология нагрева	τ , ч – мин, при T , °С							
	925	920	915	910	905	900	895	885
С повышенным тепло-содержанием	3 – 20 (0 – 30)	3 – 05 (0 – 25)	3 – 00 (0 – 20)	2 – 50	3 – 00	3 – 15	3 – 30	3 – 50
Традиционная для слитков горячего посада	5 – 10	5 – 10	5 – 15	5 – 15	5 – 20	5 – 20	5 – 25	5 – 30

Пр и м е ч а н и е. В скобках приведены данные для режима без подачи топлива.

ков в настоящее время является одной из наиболее актуальных задач для ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». На комбинате, где годовое производство разлитых в изложницы слитков составляет 4 млн. т, по данным за 2010 г. получено более 9000 т дополнительной обрезки по дефектам макроструктуры (расслой, усадочная рыхлость, неметаллические включения). Кроме того, получено более 1100 т брака готовой слябовой заготовки по этим же дефектам.

С целью исследования влияния режимов нагрева слитков на формирование внутренней структуры слитков в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» проведен опытно-промышленный эксперимент. (Исследования выполнены в рамках НИР, тема 17-01. Руководитель работы И.С. Кузнецов; исполнители А.Е. Прахов, А.А. Уманский и др.)

Слитки плавки стали 3пс текущего производства, посаженные в ячейку нагревательных колодцев с одинаковой (900 °С) температурой, были разделены на две партии. Первая партия, состоящая из нечетных по ходу разливки слитков, выдавалась из нагревательных колодцев через 3 ч 15 мин, что соответствует продолжи-

тельности нагрева слитков при использовании технологии их нагрева при повышенном теплосодержании. Длительность нагрева слитков второй партии, состоящей из четных по ходу разливки слитков, составила 5 ч 40 мин, что соответствует традиционной технологии нагрева слитков горячего посада (табл. 1).

После нагрева слитки обеих партий были прокатаны на блюминге на слябовую заготовку одинакового сечения 173×590 мм, от готовых слябов отобраны пробы для оценки качества макроструктуры. Использовали следующую схему отбора проб: от слябов, соответствующих головной части слитка, пробы отбирали из центра поперечного сечения по всей длине, от остальных слябов – из центра поперечного сечения по одной пробе от каждого сляба. В общей сложности от каждого слитка отбирали по 18 проб.

В результате проведенного исследования макроструктуры установлено, что несплошности без скопления неметаллических включений (рис. 2, а) имеются на слябах, прокатанных из слитков обеих партий. Однако количество таких несплошностей на слябах, получен-

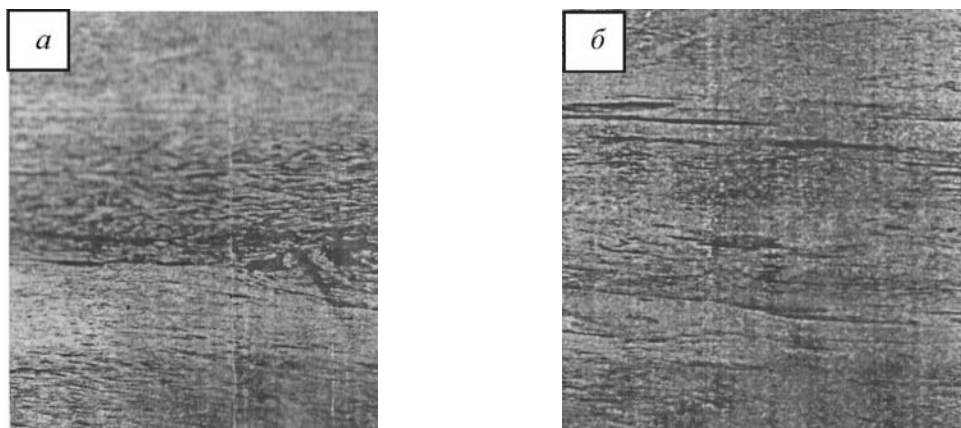


Рис. 2. Макроструктура слябов:
а – незаварившиеся несплошности, заполненные жидким шлаком; б – незаварившиеся несплошности без скопления неметаллических включений

Анализ макроструктуры слябов

τ, ч – мин	Общее количество проб, шт.	Количество проб с незаварившимися несплошностями, шт.	Количество проб с незаварившимися несплошностями, %
		незаполненными шлаком заполненными шлаком	незаполненными шлаком заполненными шлаком
5 – 40	18	14/4	77,8/22,2
3 – 15	18	10/–	55,6/–

ных из слитков с меньшим временем нагрева, меньше в 1,4 раза (табл. 2). Кроме того, в макроструктуре проб от нагретых по традиционной технологии слитков в довольно значительном количестве (22 % от общего количества проб) имеются заполненные шлаком несплошности (рис. 2, б), а на слитках с меньшим временем нагрева такие дефекты отсутствуют.

В результате проведенного металлографического анализа установлено, что основными составляющими шлака являются оксиды железа, кремния, марганца, а также сложные соединения на их основе (фаялит Fe_2SiO_4). Состав шлака в несплошностях существенно отличается от состава конвертерного шлака. Конвертерный шлак содержит 43 – 52 % CaO ; 14 – 22 % SiO_2 ; 8 – 25 % FeO ; 2 – 6 % Fe_2O_3 ; 3 – 12 % MnO ; 3 – 7 % Al_2O_3 ; 1,5 – 4,0 % MgO ; 0,5 – 4,0 % P_2O_5 ; менее 3,0 % CaF_2 ; менее 1,0 % CaS (по массе). Таким образом можно сделать вывод, что в основном шлак в несплошностях образуется в результате окисления металла печной атмосферой при нагреве слитков под прокатку.

При увеличении времени нахождения слитков в нагревательных колодцах при высокой температуре повышается вероятность нарушения сплошности «моста» плотного металла (рис. 3), в результате чего происходят оголение усадочной раковины и окисление последней кислородом печной атмосферы с образованием шлака. Наличие в составе шлака фаялита с температурой плавления 1178 °С приводит к тому, что при нагреве слитков под прокатку до температуры 1300 °С шлак переходит в жидкое состояние и проникает в расположенные под усадочной раковинной поры (подусадочная рыхлость) (рис. 3). В процессе проведения опытных плавков присутствие шлака в жидкой фазе зафиксировано при наблюдении процесса обрезки концевых участков раската на ножницах после блюминга.

Для подтверждения полученных выводов о влиянии продолжительности нагрева слитков на качество их макроструктуры проведен анализ данных по 50-и плавкам стали 3пс текуще-

го производства, из которых слитки 25 плавков нагревали по технологии с повышенным теплосодержанием, а слитки оставшихся 25 плавков – по традиционной технологии для слитков горячего посада (согласно нормативов, приведенных в табл. 1). По результатам анализа производственных данных установлено, что при использовании технологии нагрева слитков с повышенным теплосодержанием количество дополнительной обрезки из-за наличия внутренних дефектов в среднем меньше в 1,9 раза количества обрезки при использовании традиционной технологии нагрева (табл. 3). Это подтверждается экспериментальными данными.

По полученным данным при нагреве слитков по технологии с повышенным теплосодержанием расходный коэффициент металла на прокат при переработке слитков в слябы снижается на 1,5 кг/т (табл. 3). На уменьшение расходного коэффициента наибольшее влияние оказало снижение потерь в виде угара и окаины (1,2 кг/т), что обусловлено меньшей на 2,0 – 2,5 ч продолжительностью нагрева при использовании технологии нагрева слитков с повышенным теплосодержанием.

Кроме того, зафиксировано уменьшение количества технологической обрезки на ножни-

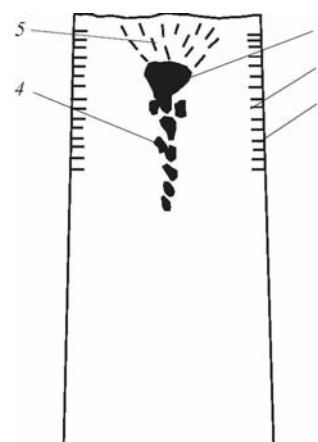


Рис. 3. Строение слитка полуспокойной стали:
1 – наружная корочка слитка; 2 – зона сотовых пузырей;
3 – усадочная раковина; 4 – подусадочная рыхлость;
5 – «мост» плотного металла

Сравнительный анализ величины отходов при производстве слябов из слитков, нагретых по различным технологиям

Показатель	Значение показателя при нагреве слитков		Отклонение
	с повышенным теплосодержанием	традиционном для слитков горячего посада	
Дополнительная обрезь по дефектам внутренней структуры, м/плавка	0,26	0,49	-0,23
Расходный коэффициент, кг/т	1104,8	1106,3	-1,5

цах после блюминга на 0,3 кг/т. Наличие технологической обрезки обусловлено необходимостью удаления концевых участков раската, имеющих отличную от правильной геометрическую форму после прокатки (дефект – торцевая утяжка). Соответственно протяженность такого дефектного участка определяет величину технологической обрезки. В данном случае уменьшение величины торцевой утяжки связано с более благоприятным распределением температур по сечению слитка при использовании технологии нагрева слитков с повышенным теплосодержанием. Более высокая температура металла в осевой зоне слитка по сравнению с температурой поверхностных слоев в момент прокатки способствует снижению развития торцевой утяжки, что подтверждается авторами исследований [2].

При уменьшении времени нагрева слитков существует вероятность выдачи в прокатку непрогретых слитков с пониженной пластичностью, что приведет к увеличению нагрузки на основное и вспомогательное оборудование, повысит вероятность возникновения поверхностных дефектов при прокатке. Проведенным анализом данных по вышеприведенной выборке из 50-и плавков стали марки Зпс установлено, что при использовании технологии нагрева слитков с повышенным теплосодержанием температура прокатки слитков на блюминге ниже температуры слитков, нагретых по традиционной технологии, в среднем на 10 °С, что не превышает погрешности измерительных приборов. Таким образом можно констатировать, что уменьшение времени нагрева слитков

в указанных пределах не приводит к снижению степени их прогрева.

Выводы. В результате промышленных экспериментов, проведенных в условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», установлено, что применение режимов ускоренной транспортировки и нагрева слитков с незатвердевшей сердцевинной позволяет улучшить макроструктуру слябов, получаемых из слитков. При этом не происходит ухудшения прогрева слитков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б о й к о В.С. Производство проката из слитков с жидкой сердцевиной // *Сталь*. 2001. № 9. С. 43 – 45.
2. М а н т у р о в В.В. Технология производства слябов при нагреве слитков с жидкой сердцевиной // *Сталь*. 1994. № 11. С. 38 – 40.
3. Т и л и к В.Г. Новые режимы нагрева слитков для прямой транзитной прокатки на комплексе слябинг – стан 1680 // *Сталь*. 2003. № 10. С. 29 – 31.
4. П и с а р е н к о В.Г. Влияние технологических факторов прокатного производства на дефектность заготовок сортамента обжимных цехов комбината «Криворожсталь» // *Производство проката*. 2004. № 10. С. 27 – 32.
5. К а з а н ц е в Е.И. Энергосберегающая технология нагрева слитков. – М.: *Металлургия*, 1992. – 176 с.

© 2012 г. А.А. Уманский, А.В. Леонидов
Поступила 19 апреля 2012 г.

2012 г. Г.Н. Восстрецов

Сибирский государственный индустриальный университет

ДЕФОРМАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НАПЛАВЛЕННОГО ТЕПЛОСТОЙКОГО МЕТАЛЛА ТИПА Р2М8 ПРИ МАРТЕНСИТНОМ ПРЕВРАЩЕНИИ

Эффект повышения пластичности (или сверхпластичность) металлов и сплавов, проявляющийся при структурных и фазовых превращениях, широко используется на практике [1]. Преимуществом использования эффекта кинетической пластичности металлов и сплавов является возможность существенного увеличения ресурса пластичности, снижения усилий при деформации и предотвращения трещин, вызванных значительным уровнем внутренних напряжений [2]. В настоящее время эффект кинетической пластичности при мартенситном превращении широко используется в случае наплавки закаливающих сталей [3]. Регулирование термического цикла наплавки при этом производится таким образом, чтобы ускорить охлаждение металла в области высоких температур минимальной устойчивости переохлажденного аустенита при диффузионном превращении и замедлить охлаждение при температурах начала мартенситного превращения. Последнее способствует протеканию превращения в отдельных объемах наплавленного металла. Релаксация возникающих сварочных и структурных напряжений, способствующих образованию трещин при наплавке, происходит за счет кинетической пластичности при мартенситном превращении, протекающем в соседних объемах металла. Таким образом, в конечном итоге наплавленный металл имеет закаленную структуру с высоким комплексом служебных свойств, обусловленных системой легирования.

В этой связи исследование деформационной способности теплостойких инструментальных сталей типа Р2М8, особенно экономно-легированных вольфрамом и используемых в качестве наплавочных материалов, является весьма актуальным.

Кинетическая пластичность металла характеризуется двумя основными факторами: резким увеличением показателей пластичности и снижением сопротивления деформации при определенных видах механических испытаний, например, во время испытаний на растяжение, если отсутствует локализация пла-

стической деформации в виде «шейки» [2]. Методика определения склонности металла к переходу в сверхпластичное состояние основана на определении релаксации напряжений в предварительно нагруженных и закрепленных образцах, по изменению длины или величины прогиба предварительно нагруженных образцов растягивающей нагрузкой или изгибающим моментом соответственно. Нагружение образцов в момент проявления кинетической пластичности позволяет проследить динамику релаксации напряжений. Основным параметром проявления такой динамики является показатель m , характеризующий зависимость упрочнения от скорости деформации. Состояние твердого тела с вязкопластическими свойствами можно аналитически представить в виде выражения [2]

$$\sigma = \text{const} \cdot \varepsilon^n \varepsilon^{m*}, \quad (1)$$

где σ – прилагаемое напряжение; ε – степень деформации; n – показатель упрочнения; ε^{m*} – скорость деформации.

В случае возможности упрочнения металла в процессе пластической деформации выражение (1) принимает вид

$$\sigma = \text{const} \cdot \varepsilon^{m*}. \quad (2)$$

Многочисленные исследования пластической деформации металла позволяют установить корреляционную зависимость между параметром m и максимально возможной пластичностью [2]. При обычной пластичности значение $m < 0,2$, в то время как при кинетической пластичности $m > 0,3$.

Логарифмируя выражение (2) и решая его относительно m , получаем

$$m = \lg(\sigma_i/\sigma_0) / (\varepsilon_i^*/\varepsilon_0^*), \quad (3)$$

где σ_i и σ_0 – характеристики сопротивления деформации при скоростях деформации соответственно ε_i^* и ε_0^* .

Изучение релаксационной способности наплавленных теплостойких инструментальных сталей высокой твердости типа P2M8 при мартенситном превращении выполнялось на установке тепловой микроскопии ИМАШ 20 – 75 «АЛА-ТОО». Наплавленный металл содержал 0,85 – 0,95 % С, 1,8 – 2,4 % W, 8,0 – 8,5 % Мо, 3,8 – 4,2 % Cr и около 1,0 % V. Испытания образцов проводились по двум схемам: при нагружении образцов в режиме ползучести в интервале температур мартенситного превращения при постоянной нагрузке и в режиме релаксации напряжений жесткозакрепленных образцов при охлаждении. Нагрев рабочей части проводился пропусканием электрического тока. Испытания образцов проводились в вакууме при остаточном давлении в камере около $6 \cdot 10^{-4}$ Па. Контроль и запись температуры осуществлялись с помощью платина – платинородиевых термомпар ТПП-1, приваренных к рабочей части образца, и потенциометра КСП-4. Точность измерения и поддержания температуры ± 5 °С.

Система нагружения образцов в установках подобного типа имеет электромеханический привод, обеспечивающий либо постоянную нагрузку, прикладываемую на образец, либо постоянную скорость нагружения. При испытании образцов в режиме ползучести величина нагружения определялась набором грузов и оставалась неизменной, что обеспечивало неизменную постоянную нагрузку на образец.

При испытании образцов в режиме релаксации напряжений их жесткое закрепление с электромеханическим приводом установки обеспечивало возможность поддержания постоянного уровня нагружения с применением специальных грузов. Нагрузка при этом составила 5000 Н и измерялась с помощью отгарированных датчиков нагружения. Погрешность при этом составила $\pm 1,5$ % от установленной величины. Напряжение в рабочей части образца определялось отношением прикладываемой нагрузки к площади поперечного сечения. С целью формирования более равномерного распределения температур по рабочему сечению образца и локализации рабочей зоны длина рабочего участка была уменьшена на 5 мм по сравнению с длиной рабочей части стандартных образцов, используемых на установках подобного типа. Контроль длины рабочей части образцов в процессе нагружения осуществлялся с помощью датчиков удлинения.

На полированную поверхность образцов, подвергающихся испытаниям на ползучесть при неизменной нагрузке, наносились контрольные точки на базе 3 мм микротвердоме-

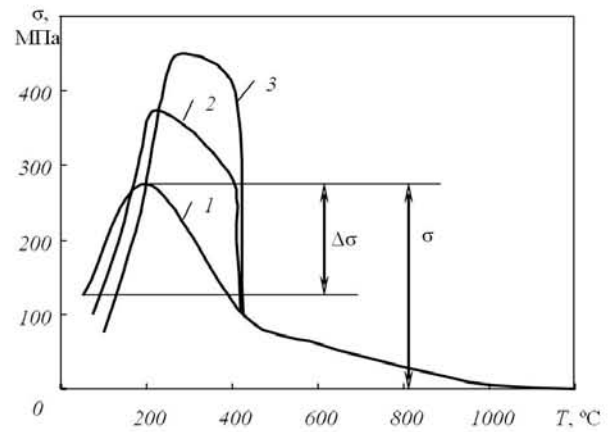


Рис. 1. Изменение уровня напряжений жесткозакрепленных образцов из наплавленного теплостойкого металла типа P2M8:
1 – без приложения дополнительной нагрузки;
2 и 3 – с приложением дополнительной нагрузки 200 и 300 МПа соответственно

ром ПМТ-3. Непрерывное охлаждение образцов осуществлялось с температур аустенитизации 1150 – 1200 °С. Характер изменения напряжений при охлаждении жесткозакрепленных образцов приведен на рис. 1.

При охлаждении в результате термической усадки происходит непрерывное нарастание напряжений. При достижении температуры примерно 200 °С наблюдается значительный спад напряжений. Было установлено, что температура релаксации напряжений и величина падения напряжений σ зависят от значения напряжений до начала превращения (рис. 1, кривые 2, 3).

Испытания образцов в режиме ползучести при постоянной нагрузке (рис. 2, а) показали, что при охлаждении после аустенитизации в области температур мартенситного превращения происходит удлинение рабочей части образца (рис. 3). Величина деформации определяется температурой и величиной усилия предварительного нагружения. На кривых 2, 3 рис. 3 можно выделить участок температур 120 – 160 °С, на котором происходит резкое увеличение роста относительного удлинения δ . Вероятно, это вызвано увеличением количества образующегося мартенсита в единицу времени, приходящимся на этот интервал температур. Таким образом, относительное удлинение металла в области температур мартенситного превращения определяется температурой переохлаждения ниже температуры начала мартенситного превращения M_n .

При равномерном пластическом течении металла, наблюдающимся при испытаниях на ползучесть, можно считать, что скорость деформации будет пропорциональна скорости

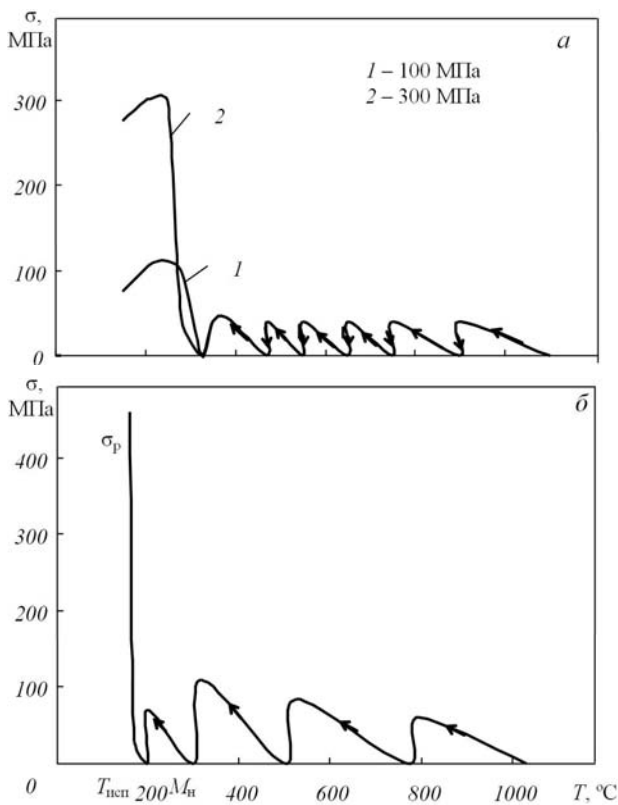


Рис. 2. Схемы нагружения образцов на ползучесть (а) при мартенситном превращении и при определении степени упрочнения металла в зависимости от темпа деформации (б)

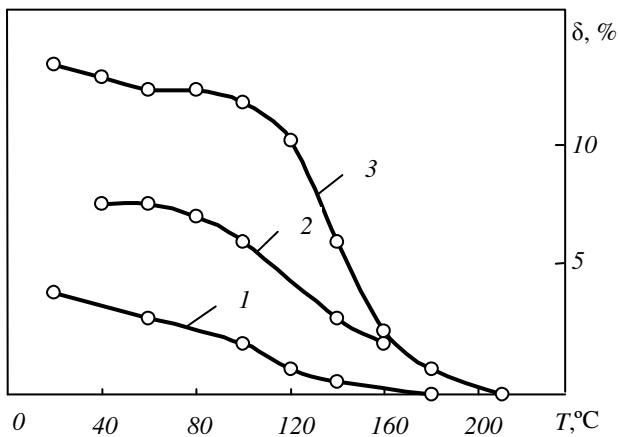


Рис. 3. Изменение относительного удлинения образцов из наплавленного металла типа P2M8 при мартенситном превращении:

1 – 3 – предварительное нагружение 100, 200, 300 МПа соответственно

перемещения активных захватов исследовательской установки:

$$\varepsilon^* = \Delta / l_0, \quad (4)$$

где ε^* – скорость деформации; Δ – скорость перемещения активных захватов исследова-

тельской установки; l_0 – исходная длина образца.

Так как в выражении (3) учитывается отношение скоростей деформации при расчете безразмерного показателя m , то возможно использовать в формуле (4) отношение скоростей перемещения активных захватов установки при условии строгого равенства базовой длины всех образцов. При проведении эксперимента скорость перемещения активных захватов изменялась в пределах 0,1 – 0,5 мм/с. Характер нагружения образцов показан на рис. 2, б. Экспериментальное определение соотношения между скоростью перемещения активных захватов и напряжением наплавленного теплостойкого металла типа P2H8 представлено ниже:

Испытание	$T_{исп}, ^\circ C$	$\Delta, \text{мм/с}$	$\sigma, \text{МПа}$
1	160	0,46	470
2	160	0,23	345
3	160	0,11	244

Напряжение определялось из диаграммы растяжения образцов, записанной при постоянных температуре и скорости деформации. Для определения численного значения производилась достройка участка пластического течения металла.

Расчеты, выполненные с учетом полученных по выражению (4) данных, показали, что в процессе развития мартенситного превращения в наплавленном теплостойком металле типа P2M8 чувствительность сопротивления пластической деформации m находится в пределах 0,45 – 0,47. Это свидетельствует о наличии ярко выраженной кинетической пластичности металла при мартенситном превращении. Необходимо отметить, что и при температурах протекания мартенситного превращения наблюдалось интенсивное пластическое течение металла (рис. 3).

Полученные экспериментальные данные легли в основу разработки технологии восстановительной наплавки валков для холодной прокатки электротехнических сталей стана 4/55-200 теплостойкими инструментальными сталями (рис. 4). Выбор режимов плазменной наплавки и применение низкотемпературного предварительного подогрева деталей перед наплавкой до 150 – 180 °C способствовали получению наплавленного металла в закаленном состоянии и без трещин. В таблице приведены данные по содержанию основных легирующих элементов в твердом растворе и карбидной фазе, а также данные по твердости наплавленного экономно-легированного вольфрамом теп-

Параметры решеток фаз и содержание основных легирующих элементов в карбидной фазе (числитель) и твердом растворе (знаменатель) наплавленной теплостойкой стали типа P2M8

Состояние	Соотношение фаз, %			Параметр кристаллической решетки, нм			Содержание легирующих элементов, %			HRC
	Fe- α	Fe- γ	Me ₆ C	Fe- α	Fe- γ	Me ₆ C	W	Mo	Cr	
После наплавки	74	24	2	0,2887	0,3628	1,1076	<u>0,205</u> 1,095	<u>1,31</u> 6,69	<u>0,40</u> 3,40	57,0
После отпуска	90	4	6	0,2882	0,3609	1,1076	<u>0,42</u> 0,88	<u>2,88</u> 5,12	<u>0,95</u> 2,85	65,5

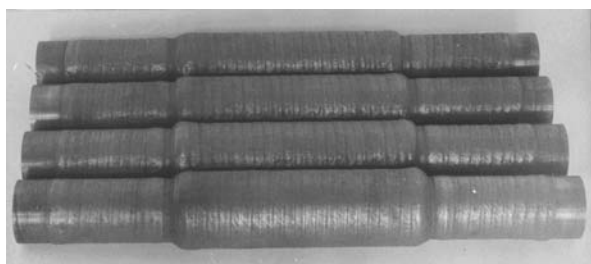


Рис. 4. Наплавленные рабочие валки стана 4/55-200 холодной прокатки электротехнической стали

лостойкого металла.

Фазовый состав определялся по соотношению интегральных интенсивностей дифракционных линий [511], [111] и [110]. В качестве эталонов взяты армко-железо после отжига при температуре 700 °С, сталь Гатфильда после закалки на гомогенный твердый раствор и карбид Me₆C, полученный при электролитическом разложении стали P2M8. Расчет фазового состава выполнялся для трехкомпонентной системы, состоящей из α -, γ -фазы и карбидов Me₆C. Трехкратный отпуск на вторичную твердость осуществлялся при температуре 560 °С и выдержке 1 ч.

Выводы. Мартенситное превращение в теплостойких инструментальных сталях сопровождается эффектом кинетической пластичности. Для наплавленного металла типа P2M8 экспериментально установлено, что наиболее интенсивный рост относительного удлинения при охлаждении после аустенитизации в области температур мартенситного превращения наблюдается при температурах 120 – 160 °С. Достаточно полная релаксация напряжений (до 60 %) достигается при переохлаждении ниже температуры начала мартенситного превращения на 30 – 50 °С.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуляев А.П. *Металловедение. Учебник для вузов.* – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Кабышев О.А. *Пластичность и сверхпластичность металлов.* – М.: Металлургия, 1975. – 280 с.
3. Зубков Н.С., Федоров Н.С., Терентьев В.А. // *Автоматическая сварка.* 1980. № 3. С. 53 – 55.

© 2012 г. Г.Н. Вострецов
Поступила 10 апреля 2012 г

2012 г. С.В. Воробьев¹, В.В. Сизов¹, В.Е. Громов¹, Ю.Ф. Иванов², С.В. Коновалов¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет

²Институт сильноточной электроники СО РАН (г. Томск)

ГРАДИЕНТЫ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 20Х23Н18 ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ОБРАБОТКИ*

Долговечность и надежность машин во многом определяются сопротивлением усталости отдельных деталей, так как в подавляющем большинстве случаев для деталей машин основным видом нагружения являются динамические, повторные и знакопеременные нагрузки, а основной вид разрушения – усталостный. Повышение усталостного ресурса нержавеющих сталей связывают с применением концентрированных потоков энергии, модифицирующих поверхность материалов [1]. Одним из перспективных методов, обладающим большими возможностями контроля подводимой энергии и перевода материала в неравновесное состояние, является электронно-пучковая обработка [2 – 6], обеспечивающая высокие (до 10^8 °C/с) скорости нагрева и охлаждения поверхностного слоя и формирование предельных (до 10^8 °C/м) градиентов температуры. В результате в поверхностном слое создаются условия формирования градиентов структуры и фазового состава.

Целью настоящей работы является сравнительный послыйный анализ формирования градиентов структуры, фазового состава и дефектной субструктуры стали аустенитного класса 20Х23Н18 после обработки высокоинтенсивным электронным пучком.

В настоящей работе модификацию поверхностного слоя стали осуществляли высокоинтенсивным электронным пучком субмиллисекундной длительности воздействия. Режим электронно-пучковой обработки: энергия электронов 18 кэВ; длительность импульса воздействия пучка электронов $\tau = 50$ мкс; количество импульсов воздействия $N = 3$; частота следования импульсов $f = 0,3$ с⁻¹; плотность энергии пучка электронов $E_s = 20$ Дж/см². Градиенты структурно-фазового состояния стали исследовали методами оптической и просвечиваю-

щей дифракционной (метод тонких фольг) электронной микроскопии на расстояниях 0, 10, 80 и 200 мкм от поверхности обработки. Количественный анализ структуры стали осуществляли методами стереологии [7] и количественной электронной микроскопии [8]. Фазовый анализ стали проводили путем индирования микроэлектроннограмм с использованием темнопольной методики [8, 9].

При усталостных испытаниях по схеме асимметричного консольного изгиба сталь в исходном состоянии разрушалась после $1,5 \cdot 10^5$ циклов нагружения, а обработанная сталь – после $3,3 \cdot 10^5$ циклов [10]. В исходном состоянии исследуемая сталь является поликристаллическим агрегатом. Средний размер зерен составляет 41,4 мкм (размеры реальных зерен изменяются в пределах 11,4 – 88,7 мкм). В объеме зерен выявляются хаотически распределенные дислокации и дислокации, формирующие сетки. Скалярная плотность дислокаций, определенная методом секущих, составляет приблизительно $4 \cdot 10^{10}$ см⁻². Характерным элементом зеренной структуры стали в исходном состоянии являются микродвойники; преимущественно обнаруживаются микродвойники одной системы двойникования, значительно реже – двух.

После электронно-пучковой обработки средний размер зерен составляет 21,3 мкм. Структура слоя, расположенного на расстоянии приблизительно 10 мкм, во многом близка структуре поверхностного слоя. Выявляется поликристаллическая структура, в объеме зерен которой присутствуют микродвойники в виде тонких пластинок, группирующихся в пачки. Вторым элементом субзеренной структуры наряду с микродвойниками являются дислокации. Эти дислокации формируют преимущественно сетчатую субструктуру или распределены хаотически по объему зерна. Скалярная плотность дислокаций составляет приблизительно $3,8 \cdot 10^{10}$ см⁻².

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 – 2013 гг.» (гос. контракт № 02.740.11.0538).

Слой стали, расположенный на глубине приблизительно 10 мкм, находится в упруго напряженном состоянии. На это указывают изгибные экстинкционные контуры, выявляемые в зернах при анализе структуры материала методом тонких фольг. Местами формирования контуров (концентраторов напряжений) являются границы микродвойников, границы раздела зерен, границы раздела частиц второй фазы и матрицы (рис. 1). Частицы второй фазы имеют глобулярную форму; размеры частиц изменяются в пределах 30 – 60 нм. Частицы, как следует из анализа микроэлектроннограмм, являются карбидами типа $Me_{23}C_6$ состава $(Fe, Cr)_{23}C_6$, что характерно для исследуемой стали.

Структура слоя, расположенного на глубине приблизительно 80 мкм, подобна структуре рассмотренных выше слоев, отличаются лишь количественные показатели. На рис. 2 приведены зависимости, демонстрирующие изменение скалярной плотности дислокаций $\langle \rho \rangle$, относительной объемной доли δ материала, занятого микродвойниками, и поперечных размеров изгибных экстинкционных контуров h по мере удаления x от поверхности облучения стали электронным пучком. Отчетливо видно,

что электронно-пучковая обработка стали, как и следовало ожидать, сопровождается формированием в материале градиентной структуры, характеризующейся закономерным изменением указанных параметров стали. Выделяется слой, расположенный на глубине приблизительно 80 мкм. Структура этого слоя стали характеризуется относительно высокими значениями скалярной плотности дислокаций и относительно большой долей материала, занятого микродвойниками. С другой стороны, величина поперечных размеров изгибных экстинкционных контуров минимальна в слое, формирующем поверхность облучения, и увеличивается с ростом расстояния от поверхности обработки. Увеличение скалярной плотности дислокаций и доли материала, занятого микродвойниками, способствует увеличению прочностных характеристик материала [10]. Увеличение среднего поперечного размера изгибных экстинкционных контуров соответствует снижению величины внутренних полей напряжений. Следовательно, можно констатировать, что электронно-пучковая обработка стали 20X23H18 при плотности энергии пучка электронов 20 Дж/см² приводит к формированию подслоя с повышенными прочностными свойствами.

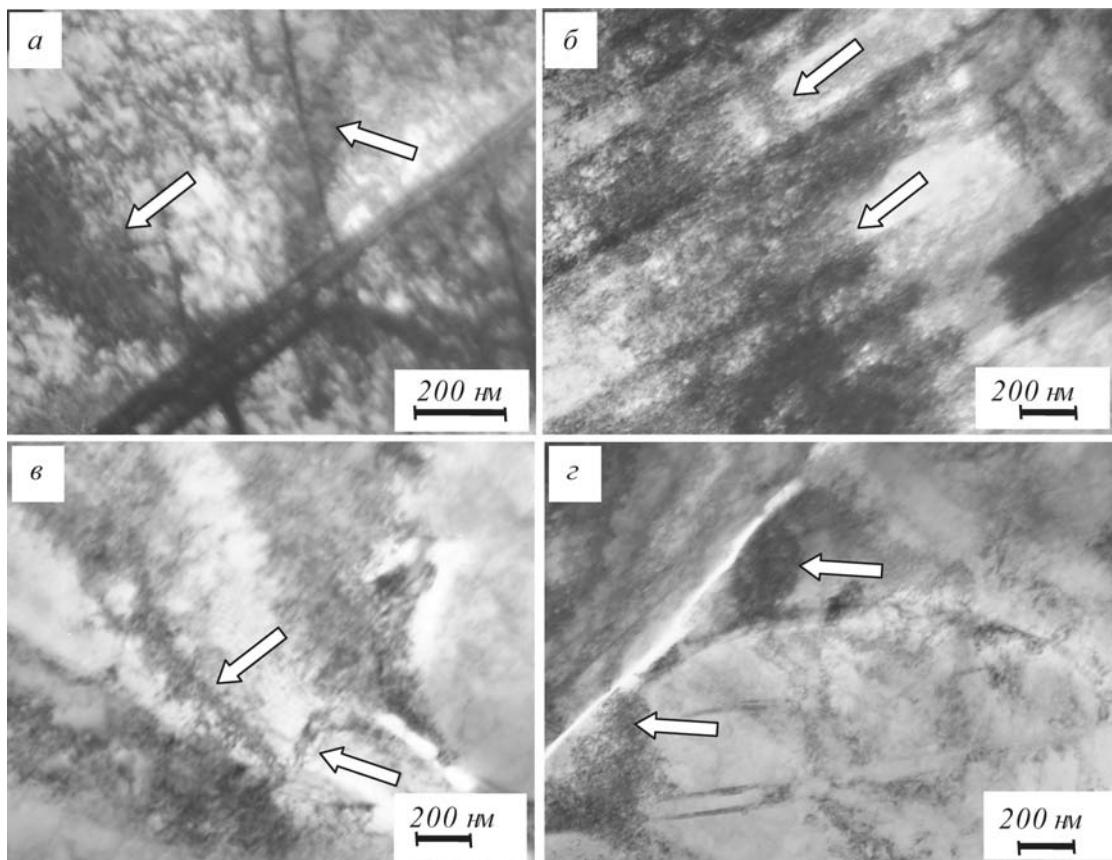


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение структуры стали 20X23H18 в слое, расположенном на глубине приблизительно 10 мкм, при обработке электронным пучком с плотностью энергии пучка электронов 20 Дж/см² (стрелками указаны изгибные экстинкционные контуры)

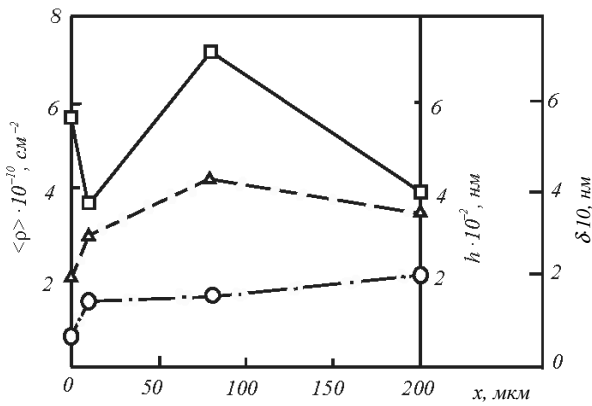


Рис. 2. Зависимости скалярной плотности дислокаций (—), относительной объемной доли занятого микродвойниками материала (---) и величины поперечных размеров изгибных экстинкционных контуров (- · - · -) от расстояния от поверхности обработки стали электронным пучком

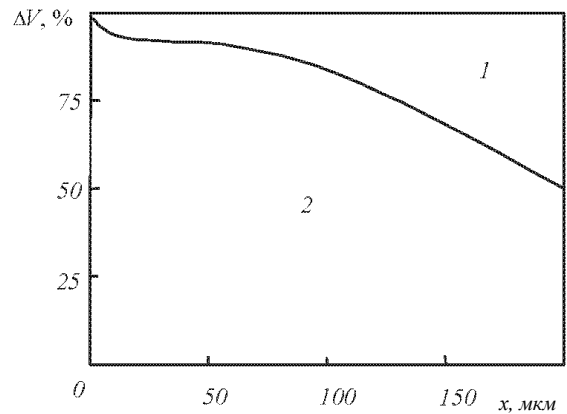


Рис. 3. Относительное содержание ΔV дислокационных субструктур стали 20X23H18, обработанной электронным пучком:
1 – субструктура дислокационного хаоса;
2 – ячеистая дислокационная субструктура

Закономерным образом изменяется по мере удаления от поверхности облучения и тип дислокационной субструктуры стали (рис. 3). Выявлена сетчатая дислокационная субструктура и субструктура дислокационного хаоса. В стали, не обработанной электронным пучком (исходное состояние), оба типа дислокационной субструктуры присутствуют в равной степени. После электронно-пучковой обработки в поверхностном слое сетчатая дислокационная субструктура является единственным типом дислокационной субструктуры. По мере удаления от поверхности облучения количество сетчатой дислокационной субструктуры постепенно уменьшается.

Выводы. Электронно-пучковая обработка стали повышает ее усталостный ресурс в 2,1 раза и способствует формированию градиентов структуры и фазового состава, количественные характеристики которых закономерно изменяются по мере удаления от поверхности облучения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Под ред. Дж. Поута, Г. Фоти и Д. Ждекобсона. – М.: Машиностроение, 1987. – 424 с.
2. Иванов Ю.Ф., Коваль Н.Н., Горбунов С.В. и др. // Изв. вуз. Физика. 2011. № 5. С. 61 – 69.

3. Иванов Ю.Ф., Горбунов С.В., Воробьев С.В. и др. // Физическая мезомеханика. 2011. Т. 14. № 1. С. 75 – 82.
4. Горбунов С.В., Воробьев С.В., Иванов Ю.Ф. и др. // Физика и химия обработки материалов. 2011. № 1. С. 61 – 65.
5. Громов В.Е., Горбунов С.В., Иванов Ю.Ф. и др. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2011. № 10. С. 62 – 67.
6. Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Воробьев С.В. и др. // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2011. № 1. С. 57 – 63.
7. Чернявский К.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. – 208 с.
8. Эндрюс К., Дайсон Д., Киоун С. Электронограммы и их интерпретация. – М.: Мир, 1971. – 256 с.
9. Электронная микроскопия тонких кристаллов / П. Хирш, А. Хови, Р. Николсон и др. – М.: Мир, 1968. – 574 с.
10. Усталость сталей, модифицированных высокоинтенсивными электронными пучками / под ред. В.Е. Громова, Ю.Ф. Иванова. – Новокузнецк: изд-во «Интер Кузбасс», 2012. – 403 с.

© 2012 г. С.В. Воробьев, В.В. Сизов,
В.Е. Громов, Ю.Ф. Иванов,
С.В. Коновалов
Поступила 6 апреля 2012 г.

2012 г. А.Б. Цветков, В.Н. Фрянов

Сибирский государственный индустриальный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ В КУСОЧНО-ОДНОРОДНОМ ИЗОТРОПНОМ МАССИВЕ*

Анализ напряженно-деформированного состояния горизонтально-слоистых массивов, включающих в себя выработки, геологические нарушения, породные коллекторы флюидов, остается актуальной задачей [1, 2]. Вклад в ее решение внесли многие ученые и специалисты, такие как Б.В. Власенко, Г.И. Грицко, А.Н. Динник, В.Е. Миренков, В.Н. Опарин и др. Для изучения напряженно-деформированного состояния вмещающих пород вокруг контура выработки требуется рассчитать величины дополнительных перемещений, напряжений и деформаций. На предварительной стадии их расчета необходимо определить напряженно-деформированное состояние ненарушенного массива. Авторами предложен метод решения краевых задач для моделирования напряженно-деформированного состояния неоднородных массивов на основе метода конечных разностей [3]. Для этого необходимо представить неоднородный массив в виде однородных подобластей и согласовать их между собой с помощью граничных условий. При этом можно на микроуровне моделировать взаимодействие блоков между собой. На мезоуровне, варьируя физико-механическими свойствами и расположением блоков, можно моделировать структурное строение массива. В сравнении с общеизвестным методом конечных элементов [4, 5] ширина ленты основной матрицы системы при таком подходе к решению краевой задачи стала меньше. Это позволило сократить время решения системы линейных уравнений, что актуально при высоком порядке системы и многократном моделировании напряженно-деформированного состояния.

Описание математической модели

Приведены результаты исследования распределения перемещений и напряжений мас-

сивов, полученных путем численного решения краевой задачи для расчетной области, состоящей из нескольких горизонтальных однородных блоков прямоугольной формы. Для решения краевой задачи с однородными и неоднородными граничными условиями составлена компьютерная программа.

В рассмотренной модели горизонтально-слоистого массива напряжения обусловлены собственным весом пластов. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния сопоставлялись с численным решением, полученным методом конечных элементов.

Постановка краевой задачи

Решали двумерную краевую задачу в прямоугольной системе координат OXY (OX и OY – горизонтальная и вертикальная оси).

Основным объектом исследования является часть массива горных пород прямоугольной формы длиной 800 и глубиной 600 м. Вмещающая толща на глубине 477 м включает пласт угля прямоугольной формы мощностью три метра. В прямоугольной системе координат массив представлен прямоугольником соответствующих размеров. Стороны прямоугольника заданы вертикальными прямыми $x = 0$, $x = 800$ и горизонтальными прямыми $y = 0$, $y = 600$. Прямоугольник был принят за расчетную область и обозначался Ω . При математическом моделировании для характеристики физико-механических свойств массива горных пород использовались следующие параметры: ρ – плотность массива; λ и μ – постоянные Ламе; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости. При решении краевой задачи расчетная область состояла из прямоугольных однородных горизонтальных слоев, расположенных последовательно в направлении вертикальной оси OY . Краевая задача решалась при условии, что массовые силы направлены вдоль оси OY и создавались собственным весом пластов. Анализ напряженно-деформированного состояния массива горной породы был

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки по контракту № 53822011 от 24.11.2011 г.

основан на изучении значений его перемещений и напряжений, построенных по результатам численного решения краевой задачи.

Постановка краевой задачи. Найти вектор перемещений $U = (u, v)$, $u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$, удовлетворяющий внутри прямоугольника Ω системе дифференциальных уравнений Ламе

$$\begin{cases} \mu(u''_{xx} + u''_{yy}) + (\lambda + \mu)(u''_{xx} + v''_{yy}) = 0; \\ \mu(v''_{xx} + v''_{yy}) + (\lambda + \mu)(u''_{xy} + v''_{xy}) + \rho gh = 0 \end{cases} \quad (1)$$

и следующим граничным условиям: на сторонах прямоугольника $x = 0$, $x = 800$, $y = 0$ и $y = 600$ заданы нулевые горизонтальные перемещения $u(0, y) = 0$, $u(800, y) = 0$, $u(x, 0) = 0$, $u(x, 600) = 0$; на сторонах $x = 0$, $x = 800$ производные $v'_x(x, y)$ равны нулю, т.е. $v'_x(0, y) = 0$, $v'_x(800, y) = 0$; на верхнем основании $\sigma_y(x, 0) = 0$; на нижнем основании $v(x, 600) = 0$.

Расчетная область Ω состояла из двух породных слоев Ω_1 , Ω_3 и угольного пласта Ω_2 ,

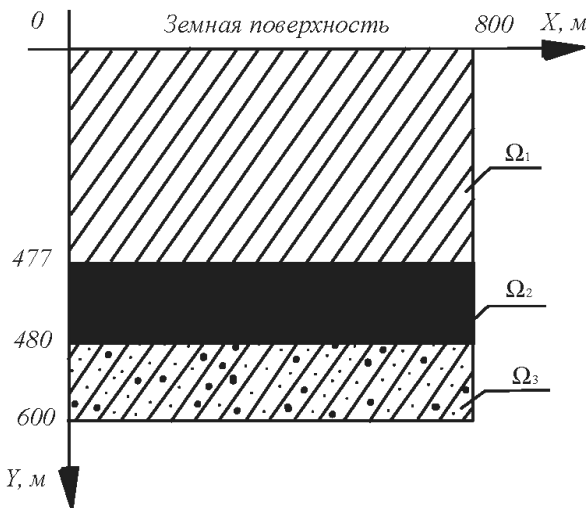


Рис. 1. Расчетная область Ω

которые отмечены штриховкой на рис. 1. Область Ω_1 – это аргиллит со следующими физико-механическими свойствами: $\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$, $E = 2,6 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $\nu = 0,28$; область Ω_2 – это уголь с $\rho = 1380 \text{ кг/м}^3$, $E = 0,3 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $\nu = 0,34$; область Ω_3 – это алевролиты с $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$, $E = 2,8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, $\nu = 0,27$.

Численное решение приведено на рис. 2, а, б. На рис. 2, а показаны вертикальные перемещения при $x = 400 \text{ м}$. Сплошной тонкой линией приведена зависимость вертикальных перемещений Y от глубины v . Из рис. 2, а видно, что величина перемещений зависит от глубины и физико-механических свойств пластов. На рис. 2, б приведен график вертикальных напряжений при $x = 400 \text{ м}$ и $y \in [450, 490]$.

Из рис. 2, а видно, что первому слою мощностью 477 м соответствуют перемещения 0,91 м. Это составляет 0,19 % от мощности пласта. Третьему слою мощностью 120 м соответствуют перемещения 0,48 м, что составляет 0,4 % от мощности пласта. Слою угля мощностью 3 м соответствуют перемещения 0,081 м, что составляет 2,7 %. Из этого следует, что слою угля соответствуют наибольшие деформации.

Из рис. 2, б видно, что в массиве действуют только сжимающие напряжения. Причем распределение значений напряжений σ_y постоянно на одной и той же глубине. На графике виден скачок напряжений σ_y на границах слоя с углем.

Из анализа рис. 2, а следует, что слой угля подвергается наибольшей деформации. Согласно рис. 2, б, трехслойный массив представляет собой область сжатия. Проводилась верификация результатов математического моделирования с решением, полученным методом конечных элементов. Относительная погрешность составила около 1 %.

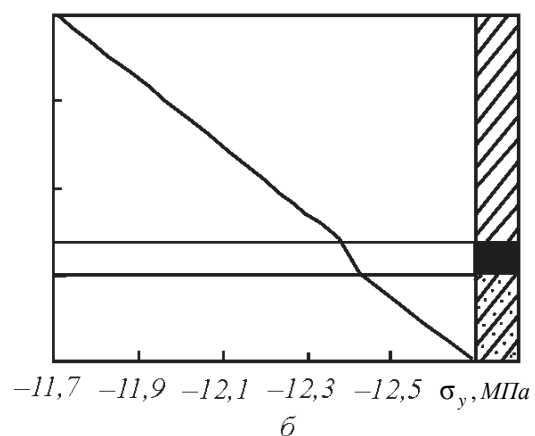
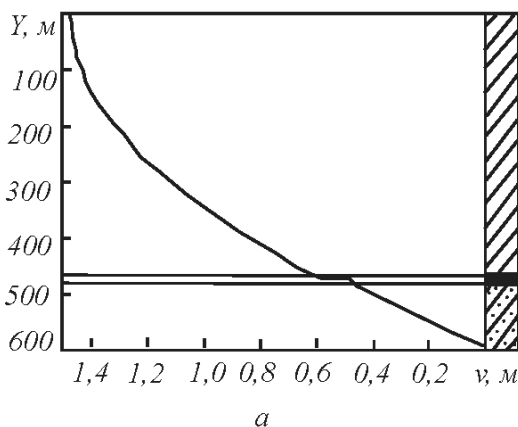


Рис. 2. Вертикальные перемещения и напряжения:

а – вертикальные перемещения, м; б – вертикальные напряжения σ_y , МПа

Выводы. Приведены результаты математического моделирования напряженно-деформированного состояния горизонтально-слоистого массива горных пород. Для этого с применением разработанной методики была решена краевая задача. Выявлено, что закономерности распределения напряженно-деформированного состояния в неоднородном углепородном массиве при отсутствии в нем горных выработок качественно не противоречат зависимостям, полученным для однородного массива. Однако при существенном отклонении характеристик угля от соответствующих параметров горных пород происходят скачки напряжений и перемещений, зависящие от модуля упругости угля и породы. Проведенное исследование является первым этапом решения актуальной научно-практической задачи прогноза параметров напряженно-деформи-

рованного состояния при разработке паспортов выемочных участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Д и н н и к А.Н. Статьи по горному делу. – М.: Углетехиздат, 1957. – 428 с.
2. Б о р и с о в А.А. Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.
3. Р и х т м а й е р Р., М о р т о н К. Разностные методы решения краевых задач. – М.: Мир, 1972. – 414 с.
4. З е н к е в и ч О. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 271 с.
5. Ф а д е е в А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987. – 221 с.

© 2012 г. А.Б. Цветков, В.Н. Фрянов
Поступила 25 апреля 2012 г.

УДК 622.831

2012 г. Т.В. Лобанова

Сибирский государственный индустриальный университет
Научно-исследовательский центр «Геомеханика»

СДВИЖЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ТАШТАГОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ*

Таштагольское железорудное месторождение отличается проявлением мощных горно-тектонических ударов. Опасность проявления таких динамических событий, как правило, не обнаруживается, и в местах последующего разрушения выработок удароопасное их состояние не выявляется, поскольку очаг первичного разрушения, как правило, находится в глубине массива или формируется под воздействием массового взрыва и динамической пригрузки сдвигающихся боковых пород. Учитывая высокую энергию проявления горных ударов, накапливаемую при геодинамических процессах в блоках высокого ранга, проведены исследования поведения больших участков массива, охваченных наблюдениями на комплексных геодинамических полигонах на поверхности и в шахте.

Наблюдения за сдвижением земной поверхности и горных пород проводятся геоде-

зическими и маркшейдерскими методами с использованием точных нивелиров с компенсаторами, жестких отвесов с уровнями, компарированных рулеток и нивелирных реек с уровнями, спутниковой геодезической системы Trimble 4600 LS (США). Замер смещений глубинных реперов осуществляется рулетками конструкции ВНИМИ.

На земной поверхности в 2005 – 2011 гг. в районах подвижных тектонических структур проведены исследования сдвижения горных пород с использованием методов спутниковой геодезии. Для этого разработана схема геодинамического полигона на базе наблюдательной станции за сдвижением земной поверхности (рис. 1). Пункты наблюдений охватывали разломы в районе месторождения. Комплекс оборудования состоял из четырех одночастотных приемников Trimble 4600. За базовую точку, относительно которой выполнялись наблюдения, был взят пункт полигонометрии п.п. 1111, находящийся в Юго-Восточном геодинамиче-

*Работа выполнена по государственному заданию Минобрнауки РФ (регистрационный номер 548922011).

ском блоке вне зоны влияния горных разработок Восточного участка.

GPS-мониторинг смещений породного массива в районе тектонических разломов показал наличие короткопериодных деформаций крупных разломов [1]. Зафиксированы

разнонаправленные движения бортов разломов по высоте, чередование сжатий – растяжений и разнонаправленный сдвиг бортов разломов в горизонтальной плоскости. Ниже приведены результаты наблюдений короткопериодных смещений в районах текто-

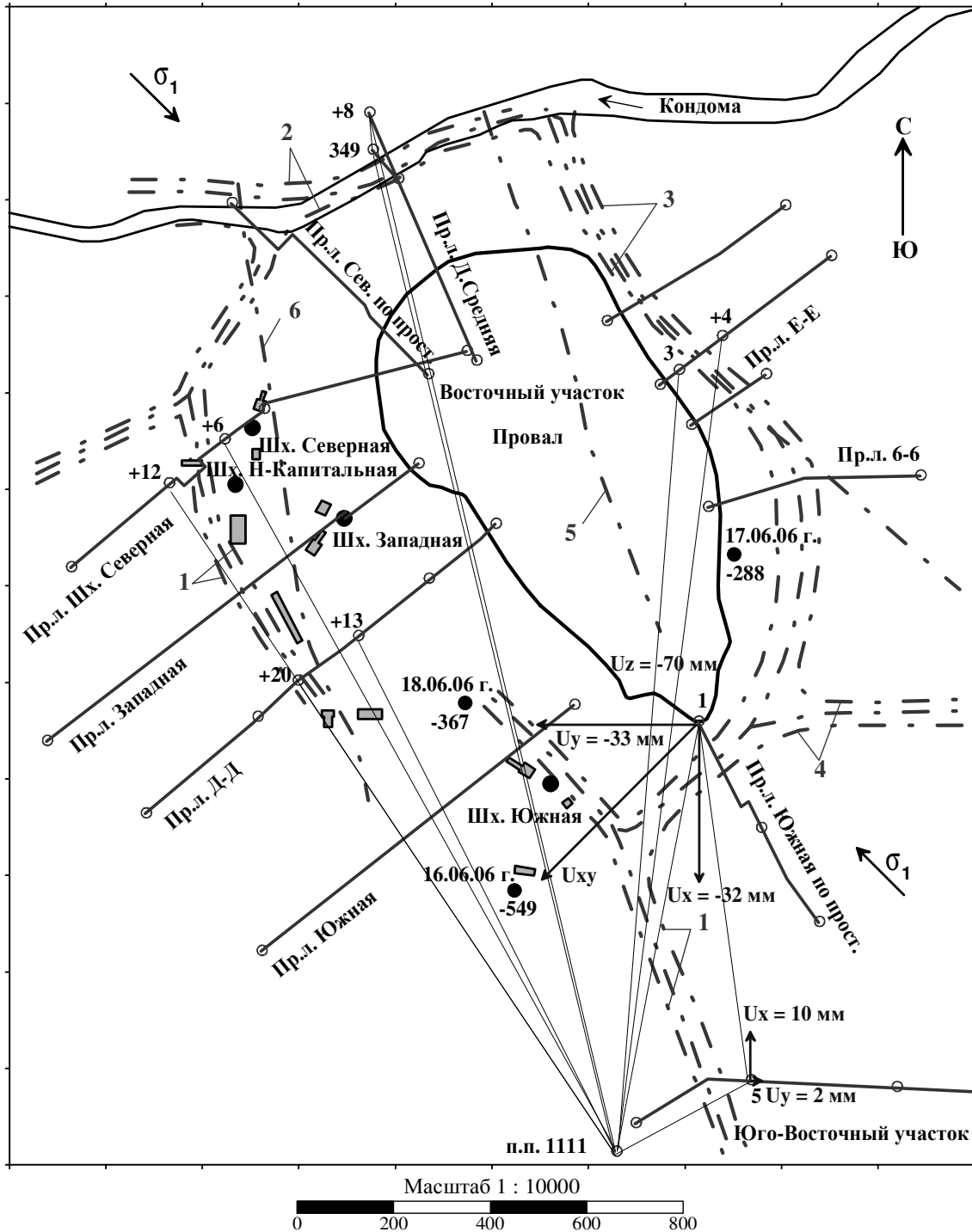


Рис. 1. Схема геодинамического полигона для наблюдения активности разломов в районе Таштагольского месторождения с результатами GPS-наблюдений 16.06.2006 г.:

- 1, 2, 3, 4, 5 – разломы, соответственно, «Холодный», «Кондомский», «Нагорный», «Шахтерский», «Диагональный»;
- 6 – субмеридиональное тектоническое нарушение (Пр. л. – профильная линия)

нических разломов Таштагольского месторождения:

Разлом	Максимальные абсолютные смещения, мм						
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Холодный	22	34	33	32	12	28	42
	30	39	75	48	26	122	47
Нагорный	18	37	78	46	15	–	25
	20	108	146	97	57	–	82
Кондомский	35	50	56	21	19	23	56
	28	36	51	35	59	56	82
Шахтёрский	17	34	27	9	27	48	94
	22	74	44	23	64	125	76

Примечание. В числителе – горизонтальные смещения, в знаменателе – вертикальные.

Максимальные абсолютные величины короткопериодных смещений на разломах достигали 50 – 150 мм, увеличение которых в 2 – 5 раз по сравнению с предыдущими периодами наблюдений происходит при проявлении сейсмических событий в шахтном поле с энергией от 10^2 до 10^8 Дж. Полученные параметры, по нашему мнению, отражают геодинамическое взаимодействие блоков и процессы перераспределения напряжений в районе месторождения.

Максимальные значения горизонтальных и вертикальных смещений на разломах были зафиксированы в 2006, 2007, 2010 гг. Это соответствовало проявлению серии микроударов в 2006 г., крупных толчков (класс 6.2 – 6.9) и микроудара в 2007 г. Выделяются смещения на разломе «Нагорный» в 2006, 2007 гг., которые в период увеличения интенсивности сейсмических событий на месторождении достигали 100 – 150 мм. Характерно, что крупные толчки и микроудары, произошедшие в шахте Таштагольского филиала в этот период, зарегистрированы в висячем боку рудной зоны в зоне влияния Нагорного разлома.

Установленный в 2010 г. уровень вертикальных сдвижений в районе разлома «Холодный» является максимальным за весь период GPS-наблюдений на данной тектонической структуре и отражает повышение геодинамической активности на этом участке боковых пород месторождения, что подтверждается и проявлением сейсмических событий в шахтном поле месторождения по наблюдаемому профилю в сечении вкрест простирания месторождения в этот период.

В 2006 г. высокий уровень короткопериодных смещений зафиксирован также на разломе «Шахтерский», где наиболее рельефно выразился скачкообразный характер изменения амплитуды смещений (рис. 2). Сопоставление скачкообразных смещений (векторы сдвижения на рис. 1) с проявлением толчков в шахтном поле показывает, что имеется некоторая взаимосвязь этих явлений.

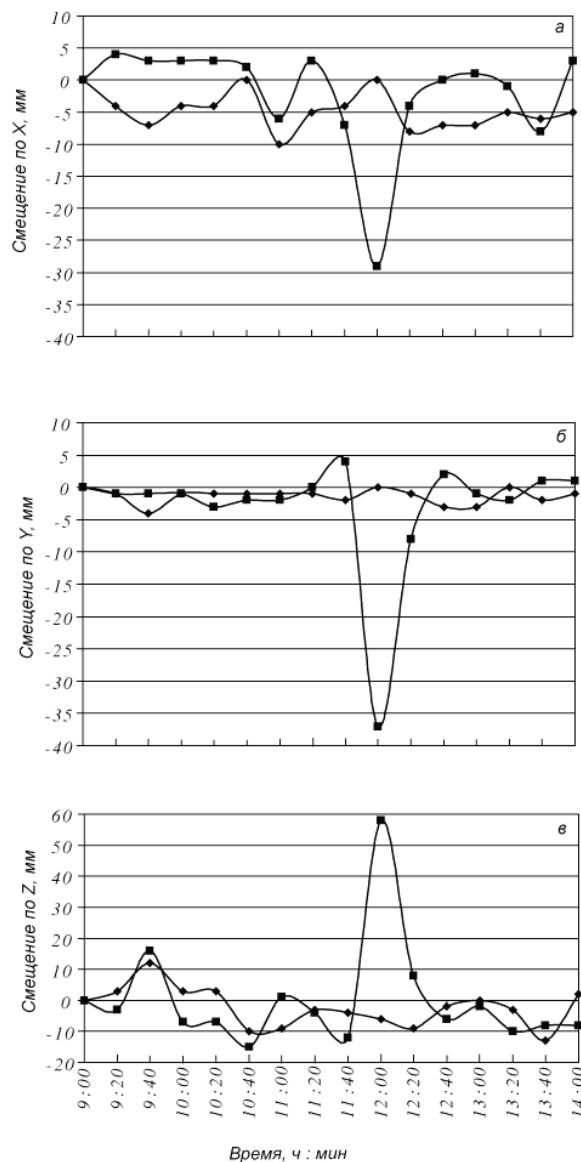


Рис. 2. Изменение во времени смещений в районе разлома «Шахтерский» по результатам GPS-съемки 16.06.2006 г.:

◆ – Репер 5 ЮВ; ■ – Репер 1 Юж. по простиранию

Векторы сдвижения реперов базовой линии через разлом «Шахтерский» в 12:00, когда было зафиксировано скачкообразное изменение смещений, особенно репера 1, показывают, что произошло кратковременное сжатие разлома «Шахтерский» и поднятие Восточного блока относительно Юго-Восточного в результате сдвига его по плоскости разлома в направлении с востока на запад. Это подтверждает ре-

зультирующий вектор горизонтальных сдвижений U_{xy} , направленный параллельно разлому в район толчка класса 2.1, произошедшего накануне в 0:59:54 на отметке –549 м. В 12:20 массив в районе репера 1 практически вернулся в положение на момент 12:00, что отражает процесс упругого восстановления массива. Возможно, что это короткопериодное скачкообразное сдвижение земной поверхности в районе тектонических разломов неслучайно, так как в последующем 17.06.2006 г. в зоне влияния разлома «Нагорный», а 18.06.2006 г. в районе разлома «Холодный» в южном торце Восточного участка произошло еще два толчка.

Аналогичные скачкообразные короткопериодные смещения отмечены и на других разломах в соответствующие периоды проявления толчков, при которых скорости деформирования земной поверхности возрастали в 2 раза и более.

Высокий уровень короткопериодных смещений, особенно вертикальных, зафиксирован 30.08.2010 г. и на разломе «Шахтерский», что отражает процессы перераспределения напряжений после массового взрыва 29.08.2010 г., произведенного в северном торце Восточного участка, на больших площадях в районе месторождения.

Отмеченный в 2010 г. высокий уровень вертикальных смещений на разломах «Холодный» и «Шахтерский» в 2011 г. несколько снизился, однако остается на уровне среднего или выше среднего за весь период наблюдений 2005 – 2011 гг. В то же время существенно возросли горизонтальные смещения на этих разломах. Вновь наблюдается увеличение смещений на разломах «Нагорный» и «Кондомский».

Наличие короткопериодных смещений горного массива и некоторая их взаимосвязь с сейсмической активностью месторождения установлены в горных выработках Таштагольского месторождения в результате непрерывных мониторинговых наблюдений с использованием лазерного дальномера [2], а также в районах тектонических нарушений на земной поверхности Шерегешевского месторождения [3].

Роль геодинамических процессов в формировании удароопасной ситуации зафиксирована инструментально в сдвижении и деформировании массива Таштагольского месторождения в периоды подготовки и проявления горно-тектонических ударов 1998, 1999 гг. По показаниям станций глубинных реперов в районе очистных работ в центральной части обрабатываемого участка с 1992 г. существенных изменений процессов сдвижения и деформирования не наблюдалось. В то же время в поро-

дах лежачего бока по наблюдениям в квершлагах горизонтов –140 и –280 м на участках протяженностью 400 – 600 м с 1994 г. отмечалась пригрузка боковых пород (рис. 3). К началу 1998 г. общая величина сжатия наблюдаемого участка от района стволов до полевых штреков составила более 100 мм. Горно-тектонический удар, произошедший в марте этого года, инициированный массовым взрывом, вызвал лишь частичную разгрузку породного массива со скачкообразным смещением его в сторону горных работ на величину более 40 мм. Оставшаяся часть накопленной энергии реализовалась при следующем горно-тектоническом ударе (24.10.1999 г.).

Для оценки геодинамических процессов в высоконапряженных горных массивах рекомендовано строить паспорт напряженно-деформированного состояния массива (рис. 3), представленный графиками изменения во времени горизонтальных и вертикальных сдвижений контурных реперов по наблюдаемым выработкам, дополненными периодами проведения массовых и технологических взрывов, проявления горных ударов и толчков, графиком выделения в различные периоды сейсмической энергии при динамических проявлениях.

Поднятия являются признаком возрастания в боковых породах напряжений сжатия, действующих по простиранию, при этом положение максимума поднятий, как правило, совпадает с положением максимума существующей или формирующейся зоны опорного давления. Появление поднятий реперов величиной 15 – 50 мм и более на участках боковых пород и в днище обрабатываемых блоков протяженностью 100 м и более свидетельствует о возможности динамических проявлений горного давления. При формировании очагов толчков в глубине массива эпицентры их проявления, как правило, совпадают с положением крупных структурных элементов (разломов, тектонических нарушений, даек, контактов разномодульных пород), расположенных вблизи максимума поднятий.

Пилообразный характер кривых горизонтальных сдвижений показывает, что в определенные периоды прямые горизонтальные сдвижения в сторону выработанного пространства сменяются обратными. Как правило, обратные сдвижения до 50 – 100 мм, свидетельствующие о переходе от растяжения к сжатию массива, наблюдаются в периоды проявления горных ударов. Характерны длительные периоды (от 1 года до 5 лет) накопления обратных сдвижений на фоне снижения дина-

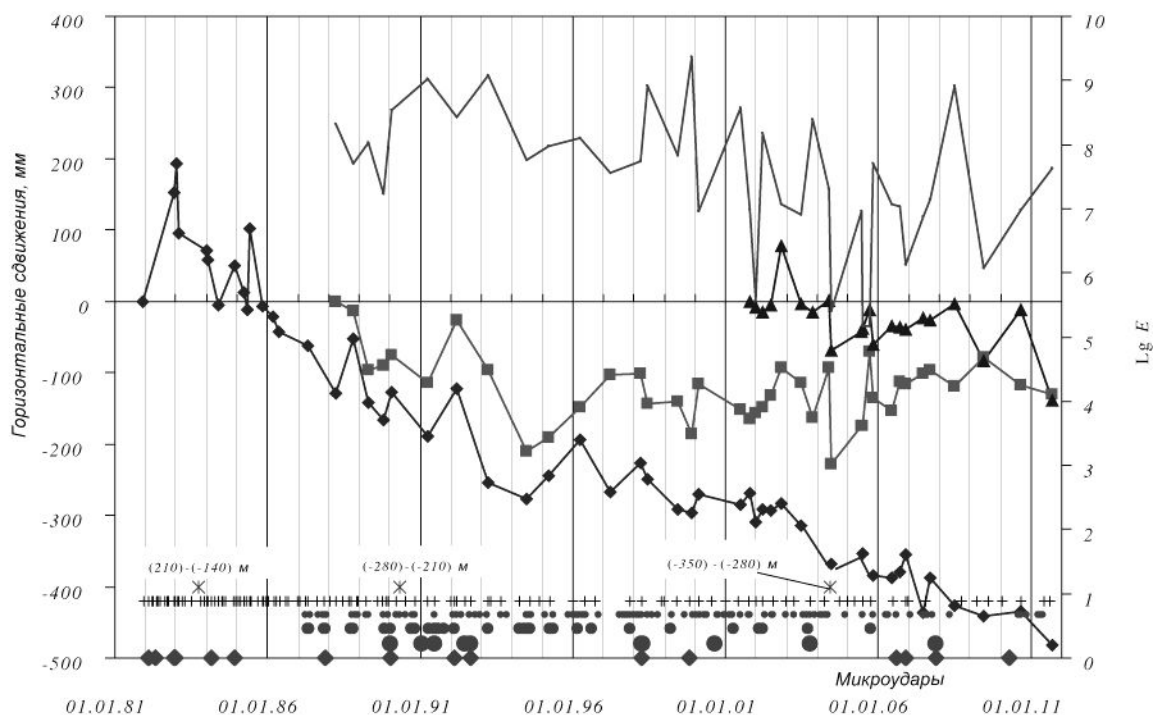


Рис. 3. Паспорт напряженно-деформированного состояния массива Таштагольского месторождения по измерению горизонтальных сдвижений в квершлагах шахты:

◆ – горизонт –140 м; ■ – горизонт –280 м; ▲ – горизонт –350 м;
 — – энергия; * – разрезка этажа; + – массовый взрыв; ◆ – горный удар; ● – толчки 8 – 9 класса; ● – 7 класса; ● – 6 класса

мической активности в шахтном поле.

Характерно, что самый длительный период (2004 – 2009 гг.) накопления сжатия в боковых породах по наблюдениям на горизонте –280 м соответствует и сжатию горных пород, зафиксированных спутниковыми наблюдениями в 2005 г. Так, в период очистной добычи с 28.06. по 25.09.2005 г. после массового взрыва слоя II блока № 17 установлено, что после разрезки этажа происходит существенное перераспределение напряжений на больших площадях, отражающееся в появлении на поверхности лежачего бока и северного фланга Восточного участка обратных сдвижений до 100 мм и более, которые до сих пор сохраняются на северном фланге. При разрезке этажей (–280) – (–210) м в 1990 г. и (–350) – (–280) м в 2004 г. сдвигения такого же порядка зафиксированы по профильным линиям на земной поверхности традиционными методами наблюдений.

По предварительным данным такие сдвигения происходят по пологим тектоническим нарушениям (средний азимут сдвижений весьма близок к азимуту падения нарушений), вызывая сжатие горных пород лежачего бока, и служат, в конечном итоге, причиной динамических проявлений горного давления при дальнейшей обработке блоков.

В условиях блочного строения месторождений удароопасность породного массива предопределяется характером взаимодействия

блоков по границам раздела, который четко фиксируется по станциям глубинных реперов, заложенных в массиве горных пород. Крупные структурные ослабления массива (разломы, тектонические нарушения, дайки, протяженные контакты пород), расположенные в зонах смятия пород, активно реагируют на общее нагружение массива при развитии геодинамических процессов. Удароопасность массива повышается в период зажима разломов, что обнаруживается в появлении обратных сдвижений реперов и сжатии бортов разломов, при этом скорость зажима разломов определяет степень удароопасности массива.

Накопление сжатий на разломах начинается за 2 – 3 месяца до проявления горного удара. Деформации сжатия бортов разломов составляют 0,3 – 0,9 мм/м, а в отдельных случаях 1,4 – 2,1 мм/м. При этом скорости сближения границ структурных ослаблений изменяются в пределах 7 – 36 мм/месяц, достигая по отдельным станциям 280 мм/месяц.

Формируются зоны сжатия, которые являются устойчивыми во времени и потенциально опасными по проявлению сейсмических событий. По результатам картирования процессов деформирования по станциям глубинных реперов на горизонтах –280 и –350 м Таштагольского месторождения установлено, что наблюдается чередование зон сжатия и растяжения в направлении вкрест простирания руд-

ного тела, однако следует отметить преимущественное сжатие массива.

Распределение сейсмических событий в шахтном поле Таштагольского месторождения во времени и по глубине отражает изменение положения очистного пространства и увеличение интенсивности работ на нижних горизонтах. Несмотря на постоянное расширение фронта очистных работ размеры зоны проявления событий во времени увеличиваются или уменьшаются. Это обусловлено изменением региональной напряженности массива в районе месторождения, что периодически фиксируется по наблюдениям процессов сдвижения на границах геодинамических блоков.

В основном все исследования по оценке НДС массива на Таштагольском месторождении проводятся в горных выработках и на земной поверхности в зоне влияния горных разработок или вблизи этой зоны. Использование методов космической геодезии позволяет проводить исследование процессов сдвижения земной поверхности на удалении от района отработки месторождения вне прямой видимости между наблюдаемыми пунктами. Для определения величин смещений природного массива в районе города Таштагола в 2007 г. в период прекращения очистных работ на руднике организованы GPS-наблюдения на полигоне «Склад ВМ – Очистные – Кондома – Каменушка – Склад ВМ» [5], пункты которого располагались за зоной влияния горных разработок Восточного участка месторождения. Максимальная длина базисной линии этого полигона превысила 4250 м, а максимальное превышение достигало 170 м. При этом максимальные размеры зоны влияния горных разработок составляли: по простиранию месторождения (в направлении ЮЮВ – ССЗ) – 1540 м, вкрест простирания – 1595 м.

Для оценки уровня и характера зафиксированных смещений вне зоны влияния горных разработок Таштагольского месторождения

24.06.2007 г. проведены GPS-наблюдения на участках разломов «Холодный» и «Нагорный» в полигоне «п.п. 1111 – репер +20 – репер +13 – репер +4 – п.п. 1111» (рис. 1). Измеряемые базовые линии составляли от 150 до 1690 м, а измеряемые превышения – от 35 до 122 м.

Смещения земной поверхности, полученные в период прекращения очистных и взрывных работ на руднике на пунктах наблюдений вне зоны влияния и в зоне влияния горных разработок, отражают их уровень и амплитуду, а также периодичность изменения характера смещений как в горизонтальной (по X , Y), так и в вертикальной (по Z) плоскостях. Изменение смещений в 20-мин интервалы при многочасовых наблюдениях отчетливо показывает некоторые особенности зафиксированных величин и периодичности изменения направления сдвижений горного массива (см. таблицу).

Полученные результаты наблюдений и их анализ показывают, что район Таштагольского месторождения характеризуется высокими короткопериодными природными смещениями горного массива, превышающими смещения в зоне влияния горных разработок. Колебательные движения природного массива отличаются более длительными периодами изменения направления сдвижений, достигающими 2 ч 40 мин. В зоне влияния горных разработок преобладает частота колебаний 20 – 40 мин, в отдельных случаях достигающая 1 ч – 1 ч 40 мин.

Разнопериодность изменчивости природных смещений и смещений, вызванных разработкой Таштагольского месторождения, позволяет предположить, что причиной скачкообразных сдвижений массива, в 2 – 5 раз и более превышающих средний уровень, может служить наложение смещений, вызванных природными и техногенными процессами при совпадении частоты колебаний горного массива.

Выводы. Обработка Таштагольского месторождения осуществляется в условиях высоких деформаций сжатия массива горных пород,

Результаты GPS-наблюдений в период прекращения очистных работ

Вне зоны влияния горных разработок в период 19 – 20.06.2007 г.				В зоне влияния горных разработок 24.06.2007 г.			
Пункт наблюдения	Максимальные смещения, мм, по			Пункт наблюдения	Максимальные смещения, мм, по		
	X	Y	Z		X	Y	Z
Кондома	23	10	43	Репер +20	28	16	41
Очистные	31	16	56	Репер +13	30	16	41
Каменушка	98	146	175	Репер +4	35	28	48
Период изменения характера смещений от 20 мин до 2 ч 40 мин				Период изменения характера смещений от 20 мин до 1 ч 40 мин			

обусловленных как природными явлениями, так и техногенной деятельностью по разработке рудных запасов. При выемке запасов Таштагольского месторождения на границах тектонических разломов возникают короткопериодные смещения горных пород до 50 – 150 мм, приводящие к увеличению скоростей деформирования земной поверхности, в 2 раза и более превышающих обычный уровень, и геодинамическим явлениям в шахте с сейсмической энергией до 10^8 Дж. Увеличение максимальных смещений в 5 раз на земной поверхности приводит к проявлению микроударов в зонах влияния тектонических разломов в глубине массива горных пород. Прогностическим признаком формирования очагов горных ударов являются аномальные сдвиги реперов (поднятия и обратные сдвиги), выявляемые в результате мониторинга процессов сдвига массива горных пород в основных выработках шахты на эксплуатируемых горизонтах и отражающие перераспределение тектонических напряжений, происходящее при взаимодействии блоков в процессе передачи упругой энергии в район горных работ: поднятия контурных реперов величиной 15 – 50 мм и более на участках боковых пород и в днище обрабатываемых блоков протяженностью 100 м и более; обратные сдвиги контурных реперов до 50 – 100 мм, свидетельствующие о переходе от растяжения к сжатию массива, накопление которых происходит длительные периоды (от 1 года до 5 лет) на фоне снижения динамической активности в шахтном поле. Разнонаправленные движения бортов глубинных разломов по высоте и чередование сжатий и растяжений на их отдельных участках являются признаками формирования условий для проявления горных ударов. По данным спутниковых наблюдений эти геодинамические движения являются короткопериодными, а периоды появления сжатий и поднятий массива совпадают с периодами динамической активности месторождения. Особенности формирования и проявления горных ударов на Таштагольском руднике, заключающиеся в зарождении очагов концентрации напряжений на удалении от обрабатываемых блоков и передаче упругой энергии при региональных проявлениях в виде динамической пригрузки района отработки, обуславливают и соответствующие

требования к методам прогноза горных ударов. Эти методы должны обеспечивать контроль не только за состоянием рудного массива в местах проходки горных выработок и отработки запасов, но и контролировать значительные по протяженности участки массива боковых пород и находящиеся в них действующие выработки, включая зону смятия и область поднятия массива, как места повышенной динамической активности. Горный массив в пределах шахтного поля контролируется региональными методами, а зоны смятия и области поднятия – локальными методами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобанова Т.В. Исследование геомеханического состояния породного массива при формировании и проявлении горных ударов на Таштагольском руднике // ФТПРПИ. 2008. № 2. С. 38 – 46.
2. Лобанова Т.В., Моисеев С.В. Результаты комплексной оценки напряженно-деформированного состояния горного массива Таштагольского месторождения геофизическими и геодезическими методами // ФТПРПИ. 2009. № 3. С. 31 – 39.
3. Лобанова Т.В., Новикова Е.В. Влияние массовых взрывов на деформирование горных пород Шерегешевского железорудного месторождения // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Новые направления и технология поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. – Новосибирск: СГГА, 2009. С. 205 – 209.
4. Кочин В.А., Билибин В.В., Васильчиков Т.П. и др. Геодинамическая безопасность разработки железорудных месторождений Сибири // Горный журнал. 2005. № 11. С. 44 – 53.
5. Лобанова Т.В., Васильева Е.В. Оценка природного и техногенного воздействия на сдвиги блочного массива Таштагольского месторождения // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Тр. Всероссийской конф. с участием иностранных ученых. – Новосибирск: Изд. ИГД СО РАН, 2010. С. 234 – 239.

© 2012 г. Т.В. Лобанова
Поступила 3 апреля 2012 г.

2012 г. Я.А. Андреева, И.А. Жуков

Сибирский государственный индустриальный университет

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРЕХСАТЕЛЛИТНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Социально-экономическое развитие страны неразрывно связано с модернизацией производства. Создание новых машин и механизмов возможно только на основе серьезного фундаментального исследования, позволяющего обеспечить высокую эффективность производства и низкую себестоимость продукции уже на этапе проектирования. В технике машиностроительной, металлургической, горнодобывающей отраслей промышленности очень широко применяются зубчато-рычажные механизмы, в частности, такие механизмы, в которых оси некоторых колес подвижны (планетарные). В связи с этим проблема совершенствования планетарных механизмов представляется весьма актуальной.

Исследования [1 – 5] показывают, что при анализе структуры, кинематики и динамики планетарных передач принимается предположение о том, что используется один спутник. В реальной практике планетарные механизмы с одним спутником, как правило, не создаются. Это объясняется тем, что инерционные силы от спутника могут быть уравновешены лишь путем добавления дополнительных спутников; чаще всего устанавливают два спутника, тем самым создается трехспутниковый планетарный механизм. Вопрос о том, какое влияние на подвижность планетарных передач оказывают дополнительные спутники, пока глубоко не исследован.

В многоспутниковых планетарных механизмах при заданной установке спутников через одно водило возникает проблема их подвижности [6]. При трех спутниках, соединенных с одним водилом, механизм оказывается статически неопределимой системой. Для такой системы подвижность W определяется по формуле П.Л. Чебышева

$$W = 3n - 2p_5 - p_4,$$

где n – число подвижных звеньев механизма; p_5 и p_4 – число кинематических пар, входящих

в состав механизма, пятого и четвертого классов соответственно.

При условиях $n = 5$, $p_5 = 5$ и $p_4 = 6$ при расчете получено $W = -1$.

Равенство $W = -1$ свидетельствует о неработоспособности механизма. В теории машин такой результат объясняется наличием избыточных связей. Механизмы, в которых избыточные связи отсутствуют, являются самоустанавливающимися.

Устранения избыточных связей трехспутникового планетарного механизма можно добиться путем установки двух из трех спутников относительно водила через дополнительные звенья (трехпарное звено и шатун), то есть собрав их в четырехзвенную группу звеньев нулевой подвижности (рис. 1, а) [7]. При неподвижном центральном колесе 8 с внутренним зацеплением и подвижном колесе 1 с внешним зацеплением спутник 2 соединен шарниром с водилом 3. Пассивные спутники 4 и 5 соединены шарниром с трехпарным звеном 6, которое связано с водилом 3 во вращательную кинематическую пару через шатун 7. Благодаря такому соединению, пассивные спутники 4 и 5 имеют возможность самоустанавливаться относительно ведущего колеса 1 и неподвижного колеса 8.

В исследуемом механизме $n = 7$, $p_5 = 7$, $p_4 = 6$. Механизм состоит из ведущего звена 1 (центрального колеса) и двух групп нулевой подвижности: двухзвенной группы 2 – 3 с двумя парами p_5 и двумя парами p_4 и четырехзвенной группы 4 – 5 – 6 – 7, в которой содержится по четыре пары p_5 и p_4 . При этом четырехзвенная цепь не может быть разложена на более простые группы. При расчете по формуле П.Л. Чебышева получается $W = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 7 - 6 = 1$. Это доказывает работоспособность и самоустанавливаемость этого планетарного механизма в целом.

Основные расчеты планетарных механизмов [1 – 3, 5] включают в себя, в первую очередь, определение кинематических характери-

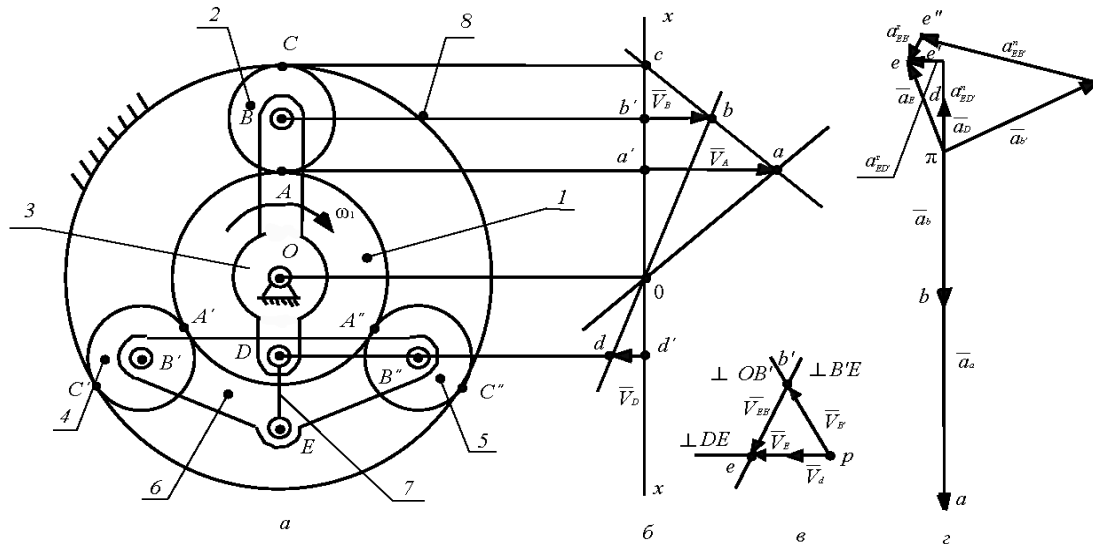


Рис. 1. Самоустанавливающийся трехсателлитный планетарный механизм и его кинематическое решение: 1 – подвижное колесо; 2 – спутник; 3 – водила; 4 и 5 – пассивный спутник; 6 – трехпарное звено; 7 – шатун; 8 – неподвижное центральное колесо

стик механизма: передаточного отношения, линейных и угловых скоростей. В основе решения лежат метод обращения скоростей Виллиса и метод картин скоростей. Однако в структуре трехсателлитного планетарного механизма (рис. 1, а) помимо традиционных зубчатых колес и водила содержатся рычажные звенья: шатун 7 и трехпарное звено 6. Эти звенья вместе с спутниками 4 и 5 образуют группу нулевой подвижности. В связи с этим для решения задачи кинематики необходимо воспользоваться методами картин скоростей и графоаналитическим.

Скорости точек A, B, C и D определяются по методу картин скоростей (рис. 1, б), а скорость точки E по методу планов (рис. 1, в) при решении системы уравнений

$$\begin{cases} \vec{V}_E = \vec{V}_D + \vec{V}_{ED}, \vec{V}_{ED} \perp DE; \\ \vec{V}_E = \vec{V}_{B'} + \vec{V}_{EB'}, \vec{V}_{EB'} \perp B'E, \end{cases}$$

где \vec{V}_D – скорость точки D водила; \vec{V}_{ED} – относительная скорость точки E шатуна 7; $\vec{V}_{B'}$ – скорость спутника 4, направленная перпендикулярно линии OB' , $\vec{V}_{B'} = \vec{V}_B$; $\vec{V}_{EB'}$ – относительная скорость точки E трехпарного звена 6.

На том основании, что угловые скорости центрального колеса ω , спутников $\omega_2 = \omega_4 = \omega_5$ и водила ω_3 – это величины постоянные, ускорения этих звеньев будут определяться через нормальные (центробежные) составляющие: $a_A = \omega_1^2 l_{OA}$; $a_B = \omega_3^2 l_{OB}$; $a_D = \omega_3^2 l_{OD}$. Ускорение точки E определяется из системы уравнений путем построения плана ускорений (рис. 1, з):

$$\begin{cases} \vec{a}_E = \vec{a}_D + \vec{a}_{ED}^n + \vec{a}_{ED}^\tau; \\ \vec{a}_E = \vec{a}_{B'} + \vec{a}_{EB'}^n + \vec{a}_{EB'}^\tau, \end{cases}$$

где $\vec{a}_{ED}^n, \vec{a}_{EB'}^n$ и $\vec{a}_{ED}^\tau, \vec{a}_{EB'}^\tau$ – нормальные и тангенциальные составляющие относительных ускорений.

Анализ скоростей (рис. 1, а, б) и ускорений (рис. 1, з) позволяет сделать вывод о том, что решение проблемы самоустанавливаемости трехсателлитного планетарного механизма путем установки двух из трех спутников через дополнительные звенья (трехпарное звено и шатун), то есть в виде четырехзвенной группы Ассур, не нарушает скоростной режим работы механизма. При построении плана ускорений в определенном масштабе при конкретных размерах механизма оказывается очевидным, что длины отрезков ee', ee'' , соответствующих тангенциальным ускорениям \vec{a}_{ED}^τ и $\vec{a}_{EB'}^\tau$, пренебрежительно малы, следовательно, угловые ускорения рычажных звеньев 6 и 7 $\epsilon_6 = a_{EB'}^\tau / l_{EB'} \approx 0$, $\epsilon_7 = a_{ED}^\tau / l_{ED} \approx 0$, и их можно принять равными нулю.

Для исследования работоспособности, кинематических и динамических характеристик посредством САПР T-Flex создана трехмерная твердотельная модель трехсателлитного планетарного механизма. Детали механизма созданы в отдельных документах, которые впоследствии в качестве фрагментов скомпонованы в сборочную модель и соединены между собой посредством сопряжений – взаимного расположения осей и контактирующих поверхностей. Расчет модели механизма произ-

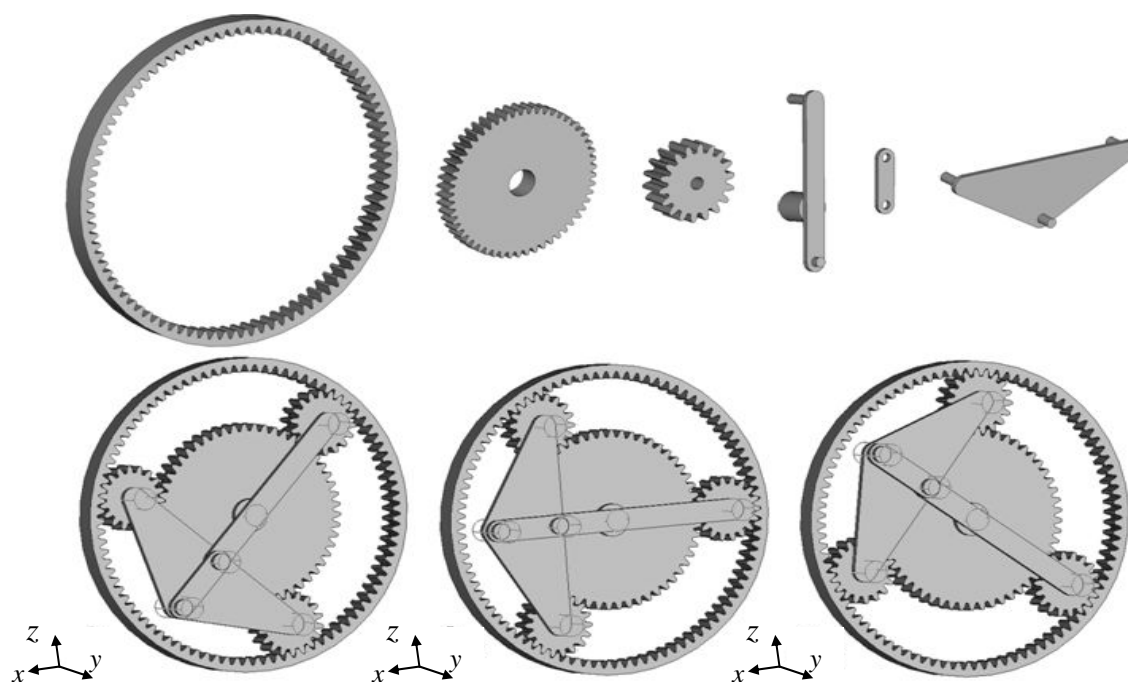


Рис. 2. Трехмерная модель трехсателлитного планетарного механизма с четырехзвенной группой нулевой подвижности в движении

водится на основе точной геометрии тел, что обеспечивает реалистичное моделирование контакта между телами. На созданную компьютерную модель могут быть установлены виртуальные датчики, предназначенные для считывания и отображения результатов. Наличие компьютерной модели механизма позволяет визуально оценить его работу и провести вычислительный эксперимент с целью получения кинематических и динамических характеристик объекта. На рис. 2 показаны фрагменты анимационного ролика, отражающие работу механизма.

Анализ положений механизма в процессе его работы показал, что угол между осью OB водила 3 и осью DE шатуна 7 варьируется в диапазоне $0^{\circ}0'4'' \div 0^{\circ}1'2''$, то есть водило 3 и шатун 7 на протяжении всего цикла работы механизма фактически выстраиваются в одну линию. Однако этот факт свидетельствует о смещении геометрических осей сателлитов 4 и 5, что позволяет этим сателлитам самоустанавливаться во время движения.

Анализ структуры, кинематики и движения компьютерной модели трехсателлитного планетарного механизма позволил сформулировать следующие задачи:

- создание единой теории структурного синтеза планетарных механизмов без избыточных связей;
- создание методик кинематического и кинетостатического исследования планетарных механизмов, содержащих в своей структуре

сложные группы звеньев нулевой подвижности;

- решение вопроса слойности планетарных самоустанавливающихся механизмов;
- уравнивание сил инерции, действующих на фундамент механизма;
- статическое и динамическое уравнивание сил инерции, возникающих при вращении звеньев.

На рис. 3 показано одно из возможных конструктивных решений самоустанавливающегося трехсателлитного уравновешенного планетарного механизма [7].

Выводы. Обоснована проблема создания планетарных механизмов без избыточных связей. Сформулированы задачи, исследование которых позволит решить проблемы совершенствования планетарных трехсателлитных механизмов.

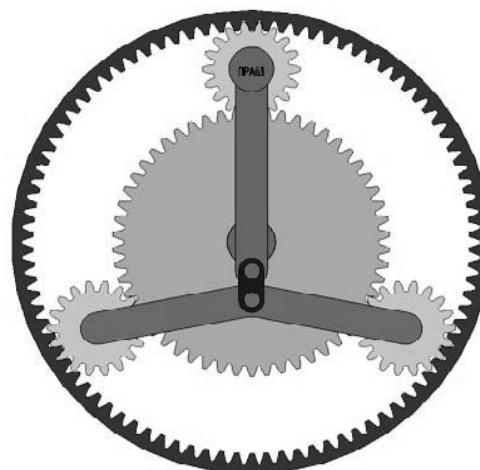


Рис. 3. Трехсателлитный планетарный механизм

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руденко Н.Ф. Планетарные передачи. Теория, применение, расчет и проектирование. – М.: Машгиз, 1947. – 756 с.
2. Артоблевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 640 с.
3. Теория механизмов и механика машин: Учеб. для втузов / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др. – М.: Высш. школа, 1998. – 496 с.
4. Шеломов В.Б. Структурный синтез кинематических схем планетарных коробок передач // Теория механизмов и машин. 2010. № 15. Т. 8. С. 52 – 61.
5. Алюшин Ю.А., Вержанский П.М. Кинематика планетарных передач // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 12. С. 463 – 473.
6. Дворников Л.Т., Дмитриев В.В. Проблема избыточных связей в планетарных зубчатых механизмах и ее разрешение // Известия Томск. политех. ун-та. 2010. Т. 316. № 2. С. 13 – 15.
7. Пат. 2419006 РФ. Самоустанавливающийся планетарный механизм / Дворников Л.Т., Дмитриев В.В., Андреева Я.А. Заявл. 04.03.2010. Опубл. 20.05.2011. // Изобретения. Полезные модели. 2011. № 14.

© 2012 г. Я.А. Андреева, И.А. Жуков
Поступила 11 мая 2012 г.

УДК 656.222

2012 г. И.В. Воскресенский, Т.П. Воскресенская
Сибирский государственный индустриальный университет

НЕОБХОДИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА СКОРОСТНОЙ ТРАНСАЗИАТСКОЙ МАГИСТРАЛИ

Развитие, совершенствование и реструктуризация транспортной сети страны должны основываться на тех ее частях, которые не потеряли своего народнохозяйственного значения (магистральная железнодорожная сеть), и создании новых элементов, необходимость в которых обусловлена задачами интенсификации товарного обмена не только внутри страны, но и в мировых хозяйственных связях.

Геологическое положение России и ее топография позволяют использовать территорию страны в качестве главного канала транзита грузов между странами Западной Европы и Восточной Азии. Быстрое развитие промышленности стран Юго-Восточной Азии вызвало значительный рост объемов перевозок между этими районами и передовыми в техническом отношении странами Западной Европы. Увеличение грузопотоков через Россию связано с определенными трудностями. Требуется установление особого подхода к оценке мер, связанных с увеличенным объемом перевозок между государствами Западной Европы и Восточной Азии.

В период действия «затратного» принципа в экономике страны и жесткой (плановой)

привязки крупных товаропроизводителей к базам снабжения и распределения грузовые потоки концентрировались на сравнительно ограниченном количестве направлений. Именно эти коридоры технически оснащались, вся остальная транспортная сеть, включая автодорожную, финансировалась по «остаточному» принципу. Со временем пропускная способность магистральных линий приближалась к своему пределу. К этому времени разными способами изыскиваются пути повышения пропускной способности. Появились исследования, доказывающие эффективность использования сверхтяжелых, сверхдлинных поездов, изыскивались возможности повышения весовой нормы поездов по маршрутам следования грузов, предприятиям предписывалось увеличивать уровень маршрутизации для того, чтобы снизить объем работы по переработке вагонопотоков на магистральных станциях. Все эти резервы повышения пропускной способности железных дорог быстро исчерпывались, не приводя к существенному изменению ситуации на них.

Отрицательным следствием подобной концентрации грузопотоков явилось то, что предприятия должны были развивать очень мощную складскую подсистему, технически ее оснащать. Все расходы на складскую инфраструктуру включались в себестоимость продукции, в результате чего она становилась неконкурентоспособной на мировом рынке, продукция реализовывалась по демпинговым ценам, а потери компенсировались внутренним перераспределением финансовых ресурсов.

Переход к рыночным отношениям в народном хозяйстве России исключил возможность компенсации разницы реальной и демпинговой цены на мировом рынке и поставил многие крупные предприятия на грань банкротства. Одновременно начался интенсивный процесс разукрупнения партий отправок в связи с развитием логистических товародвиженческих технологий. Железная дорога, несмотря на значительный отток грузовых потоков на автомобильный транспорт, практически исчерпала пропускную и товаропроводящую способность, особенно это коснулось повагонных и мелких отправок (например, при перевозке грузовой скоростью на расстояния до 199 км нормы суточного пробега повагонных отправок составляют 140 км/сут, мелких отправок и универсальных контейнеров – 90 км/сут; раньше нормы суточного пробега для этих видов отправок составляли соответственно 330 и 180 км/сут независимо от расстояния перевозки).

Перед транспортной системой страны возникла дилемма: с одной стороны, появилась возможность существенно повысить доходность железной дороги за счет международных транзитных перевозок грузов и пассажиров в скоростном сообщении, с другой, необходимость обслуживать транспортно-распределительную систему страны, имея недостаточную товаропроводящую способность с постоянно возрастающими внутренними тарифами на перевозки грузов.

Что касается транспортно-распределительных функций железной дороги, наиболее перспективной концепцией товародвижения в современных условиях являются терминальные технологии. Они представляют собой материальную инфраструктуру для осуществления логистического управления товародвижением.

Решить проблему повышения эффективности железной дороги за счет транзитных международных перевозок значительно сложнее и здесь может быть предложена перспективная инвестиционная программа, которая заключа-

ется в формировании второго трансазиатского магистрального хода.

В настоящее время для связи стран Юго-Восточной Азии и, прежде всего Китая, со странами Западной Европы имеется несколько основных транспортных коридоров: через Россию с использованием Транссибирской магистрали, Казахстанский и Южный ход. Среди них наиболее важным является транзитный коридор через Россию с использованием Транссибирской магистрали. Ведь в данном случае в наибольшей степени сокращается дальность пробега грузов. Этот коридор является электрофицированным, двухпутным с высокой пропускной способностью и повышенными весовыми нормами грузовых поездов. Поэтому данный коридор обеспечивает низкую себестоимость перевозок и значительное сокращение расходов энергии.

Кроме того, этот транзитный транспортный коридор с использованием Транссибирской магистрали проходит через меньшее число государств. Ведь известно, что каждый переход грузов через границу чреват крупными затратами и вызывает резкое замедление в продвижении грузовых и пассажирских поездов. В то же время на современном этапе необходимо учитывать ранее не принимаемые в расчет потери, которые возникнут в связи с использованием Транссибирской магистрали для международных перевозок грузов и пассажиров.

Известно, что прибыль на железнодорожном транспорте устанавливается по тарифам. В то же время эксплуатационные расходы железнодорожного транспорта складываются из расходов на передвижение, а также потерь от задержек грузовых поездов в пути следования.

Выполненные технико-экономические расчеты показали, что приросты расходов от задержек грузовых поездов в пути следования в значительной степени зависят от размеров движения, а также степени загрузки пропускной способности железнодорожных линий. Величина этих дополнительных расходов от задержек грузовых поездов резко возрастает с увеличением размеров движения. Значительный рост эксплуатационных расходов от задержек грузовых поездов в перспективе по территории России и Белоруссии потребует изыскания новых путей оценки эффективности вариантов освоения возрастающих объемов транзитных грузовых перевозок между странами Западной Европы и Восточной Азии.

Следует также учесть, что в связи с ограниченной пропускной способностью существующих железнодорожных линий и в первую очередь для Транссибирской магистрали, вста-

ет вопрос о рационализации и реконструкции технического оснащения полигона параллельных линий, на что потребуются очень крупные капитальные затраты.

Кроме того, следует учесть, что имеется различие в ширине железнодорожной колеи ряда стран, по территории которых будут проложены железнодорожные линии. Так, в настоящее время в странах СНГ ширина железнодорожной колеи составляет 1520 мм. В странах Западной Европы, а также и в Китае ширина железнодорожной колеи составляет только 1435 мм. Различие в ширине железнодорожной колеи требует создания дополнительных пунктов по перестановке колесных пар на перегрузочном пункте в Бресте, а также в Забайкальске и в Манчжурии по территории Китая. Различие в ширине колеи вызывает затраты, связанные с сооружением и эксплуатацией технических пунктов перехода железных дорог с одной колеи на другую.

В создавшихся условиях для сокращения расходов, связанных с увеличением объемов перевозок по континенту через территорию России, а также наличии пунктов перехода с различной шириной колеи, становится целесообразным организовать строительство новой скоростной железнодорожной линии между Западной Европой и Китаем европейской колеи в 1435 мм. Введение в действие этого варианта приведет к тому, что без перестановки колесных пар возможно будет осуществлять доставку грузов из любой части Западной Европы в любую точку Китая, а также всех быстроразвивающихся стран Юго-Восточной Азии.

Такую скоростную железнодорожную линию наиболее целесообразно прокладывать по местности с наиболее благоприятными климатическими и топографическими условиями. Она должна будет соединять район Бреста и пройти по равнинной территории России в районы Москвы, Екатеринбурга, Новосибирска, Красноярска и Иркутска. Линия должна будет пройти по территории России в южной части Байкала и соединиться далее с Китайской железнодорожной сетью в районе Забайкальска и Манчжурии.

Наличие скоростной дороги, соединяющей страны Западной Европы и Восточной Азии, позволит интенсифицировать товарный обмен международного масштаба и решить ряд задач, связанных с повышением экономической эффективности и доходности транспортной системы страны. Это обусловлено следующим:

- значительно сократится продолжительность пробега транзитных грузов, вызванная тем, что существующая Транссибирская маги-

страль строилась по старым нормам для паровозной тяги и имеет большое количество кривых участков пути и протяженные участки по селитебным территориям городов; новая магистраль должна пройти в обход городов;

- после строительства новой скоростной двухпутной линии появятся значительные резервы пропускной способности в сумме для всего полигона; это позволит передать на вновь построенную линию значительные потоки как скорых, так и пассажирских поездов;

- отпадает необходимость в перестановке колесных пар по двум пунктам перехода с европейской колеи на российскую и обратно;

- наличие скоростных железнодорожных линий позволит в большей степени развивать промышленность Белоруссии и России;

- создается возможность реализовать в эксплуатации новые виды и параметры использования технических средств и технологий существующих и вновь строящихся железнодорожных линий: большие расстояния между участковыми станциями, пунктами технического обслуживания составов грузовых и пассажирских поездов;

- сократятся расходы, связанные с временем нахождения грузов и пассажиров в пути следования.

Это далеко не полный перечень положительных позиций при строительстве новой скоростной магистрали европейской колеи по территории России. Однако они могут быть получены только при условии комплексного подхода к формированию инфраструктуры новой магистрали, основу которой должны составить мощные многопрофильные грузовые терминалы. Как уже отмечалось, терминальные технологии наилучшим образом «вписываются» в логистические цепи товародвижения.

Современные терминальные комплексы как инфраструктура новой магистрали с международным статусом должны располагаться вне селитебных территорий, иметь достаточные территории для размещения складов (желательно автоматизированных) и площадок транспортного хранения, подъемно-транспортное и весовое оборудование, маневровые районы для всех видов транспорта, использующих терминалы, подъездные пути российской и европейской колеи, средства переработки грузопотоков, таможенные службы, многоцелевое информационное оборудование и различные виды средств связи, включая спутниковую; банковские службы и службы обработки документов, системы слежения за грузом и подвижным составом и т.д. Естественно, что все устройства и функции должны

иметь стандарты и сертификаты международного уровня.

В такой структуре существующая сеть железных дорог в большей степени будет обслуживать местные и внутрироссийские грузо- и пассажиропотоки, экспортные и импортные грузопотоки в регионах будут обслуживаться через систему международных терминалов.

Строительство новой скоростной супермагистрали позволит передать на эту линию значительную часть пассажирских перевозок, международных перевозок, зарождающихся на территории России, и особенно ценных мало-партионных и легковесных грузов. Это позволит разгрузить Транссибирскую магистраль и исключить крупные капитальные затраты на развитие пропускной способности железнодорожных линий России в связи с ростом на них объемов перевозок. Формирование современных грузовых терминалов позволит реализовать в целесообразной мере интермодальные и мультимодальные перевозки по принципу «от двери до двери», сократить в значительной мере запасы сырья, комплектующих и других ценностей на предприятиях, создать более

гибкую систему снабжения и распределения продукции, быстро реагирующую на рыночную конъюнктуру и форс-мажорные ситуации.

Формирование терминальной инфраструктуры позволит создать во всех регионах России большое количество рабочих мест. Потребуется целая система для подготовки специалистов разного уровня по обслуживанию логистических служб и отделов предприятий, новой магистрали и терминалов, а также операторов малого бизнеса, составляющих «периферию» транспортно-экспедиционного обслуживания предприятий.

Выводы. Создание скоростной магистрали европейской колеи с терминальной инфраструктурой даст значительное увеличение валютных доходов народного хозяйства России от предоставления скоростной магистрали и терминального комплекса для перевозки транзитных грузов и пассажиров в международных сообщениях.

© 2012 г. И.В. Воскресенский,
Т.П. Воскресенская
Поступила 14 мая 2012 г.

2012 г. П.Н. Кунинин, А.И. Рыбаков

Сибирский государственный индустриальный университет

НЕЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ТЯНУЩЕЙ КЛЕТЫ МНЛЗ

Система управления тянущей клетки МНЛЗ-2 ЭСПЦ-2 «НКМК» построена по двухзонной схеме подчиненного регулирования, настроенной по усредненным параметрам в зоне управления скоростью ослаблением магнитного потока. Подобная настройка не соответствует требованиям к качественным показателям и точности управления современными технологическими процессами. В работе [1] предложен улучшенный вариант, обеспечивающий непрерывную коррекцию настроек регуляторов, компенсирующую влияние нелинейностей, улучшая динамические характеристики электропривода.

Однако в математическом плане метод некорректный, поскольку использовался механизм передаточных функций, применимый к линейным системам, описываемых дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Поэтому в работе [1] синтез регуляторов выполнен по номинальным параметрам объекта с последующей коррекцией выходного сигнала регуляторов пропорционально изменениям выходных сигналов нелинейных зависимостей объекта. Это создало иллюзию, что полученная таким образом система имеет неплохие динамические характеристики, что справедливо только для установившихся процессов, когда производные координат объекта равны нулю, а в динамике ошибка тем больше, чем интенсивнее протекает процесс, что и подтвердили исследования системы на нелинейной модели объекта, представленной в уравнениях состояния.

В настоящей работе решается задача создания системы управления с учетом нелинейностей в непрерывном их изменении с введением дополнительных связей, обеспечивающих улучшение динамических процессов системы в зоне управления ослаблением магнитного потока двигателя при стабилизации ЭДС в этой зоне на номинальном уровне. В отличие от работы [1] теоретические построения выполняются на базе уравнений состояния объекта с учетом алгебраических связей между координатами объекта управления:

$$T_a \dot{U}_a = K_{ua} U_{ua} - U_a; \quad (1)$$

$$L_a \dot{I}_a = U_a - R_a I_a - c F(I_b) \omega; \quad (2)$$

$$M = F(I_b) I_a; \quad (3)$$

$$J \dot{\omega} = M - M_c; \quad (4)$$

$$T_b \dot{U}_b = K_{ub} U_{ub} - U_b; \quad (5)$$

$$2 \frac{2wp}{R_b} \dot{F}(I_b) = U_b - R_b I_b; \quad (6)$$

$$F(I_b) = f_b(I_b), \quad (7)$$

где L_a – индуктивность обмотки якоря; $T_a, T_b, U_a, U_b, K_{ua}, K_{ub}, U_{ua}, U_{ub}, R_a, R_b$ – постоянные времена, выходные напряжения, коэффициенты усиления, входные сигналы источников энергии и сопротивления соответственно якорной цепи (индекс «а») и цепи обмотки возбуждения (индекс «b») электродвигателя; F, ω, M, w и p – магнитный поток, скорость, момент, число витков обмотки возбуждения на одном полюсе и число полюсов электродвигателя; M_c – момент нагрузки; J – момент инерции якоря двигателя и механизмов.

Поскольку переход в зону ослабления магнитного потока осуществляем при достижении номинального уровня ЭДС и поддержания ее на постоянном уровне, при скорости электродвигателя выше основной необходима информация о состоянии ЭДС. На наш взгляд, целесообразно использовать уравнение равновесия напряжений якорной цепи с приближенным дифференцированием тока якоря (I_a). При этом уравнение принимает следующий вид:

$$\delta T_a \dot{u}_{de} + u_{de} = k_{de} E = k_{de} (U_p - I_a R_a - R_a T_a \dot{I}_a),$$

где $\delta = 0,1 - 0,2$; u_{de}, k_{de}, U_p – выходной сигнал, коэффициент преобразования датчика ЭДС, выходной сигнал регулятора тока; E – ЭДС якоря электродвигателя.

Если принять $k_{de} = K_{dn}$ и использовать выходные сигналы датчиков тока u_{dt} с коэффициентом преобразования K_{dt} и датчика напряжения u_{dn} с коэффициентом преобразования K_{dn} , то последнее соотношение преобразуем к виду

$$\delta T_a \dot{u}_{de} = k_{dn} E = K_{dn} U_p - K_{dn} R_a / K_{dt} (T_a \dot{u}_{dt} + u_{dt}) - u_{de}. \quad (8)$$

В отличие от известных источников в настоящей работе, как и в работе [1], для компенсации влияния внутренней обратной связи по ЭДС будем использовать сигнал $u_{de} = K_{dn} E$, но чтобы при этом на выходе преобразователя получить компенсирующий сигнал, равный E ; выходной сигнал измерителя ЭДС преобразуем звеном с передаточной функцией $1/(K_n K_{dn})$.

Якорная цепь двигателя описывается уравнениями (1) и (2). Они содержат только один нелинейный элемент – слагаемое $F(I_b)\omega = E$ в уравнении (2). Для компенсации нелинейности $F(I_b)\omega$ в уравнение (2) вводим через источник энергии обратную связь, оставляя регулятор тока таким же, как и в работе [1]. В результате контур тока описывается линейным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$2T_a I_a'' + 2T_a I_a' + I = U_{p.c} / K_{dt}. \quad (9)$$

Подставляя в уравнение (9) значение тока I_a из уравнения (3) объекта управления, получим дифференциальное уравнение, описывающее зависимость момента двигателя M от выходного сигнала регулятора скорости $U_{p.c}$:

$$2T_a [M/cF(I_b)]'' + 2T_a [M/cF(I_a)]' + M/cF(I_a) = U_{p.c} / K_{dt}. \quad (10)$$

Пропорциональный регулятор скорости описывается уравнением [2]

$$U_{p.c} = \frac{JK_{dt}}{cF_n 4T_a} U_{in}, \quad (11)$$

где c – конструктивная постоянная двигателя; F_n – номинальный поток; T_a – постоянная времени источника энергии; U_{in} – сигнал на входе регулятора.

Коррекция нелинейности $F(I_b)$ в работе [1] осуществляется умножением выходного сигнала регулятора скорости $U_{p.c}$ на номинальный поток F_n и делением на текущее значение магнитного потока F . Уравнение регулятора скорости при этом преобразуем к виду

$$U_{p.c} = \frac{JK_{dt}}{cF_n 4T_a} f_k U_{in},$$

где $f_k = F_n / F$ – сигнал коррекции нелинейности.

Подставляя значение $U_{p.c}$ в дифференциальное уравнение (10), получим выражение, связывающее момент электродвигателя с входным сигналом регулятора скорости U_{in} :

$$2T_a^2 [M/cF(I_a)]'' + 2T_a [M/cF(I_a)]' + M(I_a)/cF(I_a) = U_{in} Jf_k / [cF(I_a)4T_a].$$

Умножим левую и правую части этого уравнения на $cF(I_b)$:

$$2T_a^2 cF(I_a) [M/cF(I_a)]'' + 2T_a cF(I_a) (M/cF)' + McF(I_a)/cF(I_a) = U_{in} Jf_k / (4T_a). \quad (12)$$

Из уравнения (12) видно, что компенсация нелинейности достигается только в слагаемом $M(I_a)/cF(I_a)$, в состав которого не входят производные. В слагаемых с производными компенсирующий элемент $cF(I_a)$ стоит как переменный коэффициент перед производной, а компенсируемый элемент $cF(I_a)$ заключен под знак производной. Компенсация возможна только в случае, когда $cF = \text{const}$, поскольку в этом случае может быть вынесено из под знака производной.

Искажение корректирующего сигнала обусловлено инерционностью контура тока, описываемого дифференциальным уравнением (9). Чтобы уменьшить ошибку управления, уравнение регулятора скорости (11) необходимо дополнить форсирующим компонентом, компенсирующим инерционность контура тока, с тем, чтобы последовательно соединенные регулятор скорости и контур тока описывались безынерционным звеном. Для этого в уравнение регулятора скорости (11) добавим форсирующий элемент $N(U_{in})$:

$$U_{p.c} = \frac{JK_{dt}}{cF_n 4T_a} N(U_{in})$$

и подставим $U_{p.c}$ в дифференциальное уравнение контура тока (9). В результате получим дифференциальное уравнение, описывающее систему, состоящую из регулятора скорости с форсированным входом и контура тока:

$$2T_p I_a'' + 2T_p I_a' + I = \frac{JK_{dt} N(U_{in})}{cF_n 4T_a K_{dt}}. \quad (13)$$

Полная компенсация инерционных элементов будет получена в том случае, если совпа-

дуг корни полиномов левой и правой частей уравнения (13):

$$N(U_{in}) = 2T_a U_{in}'' + 2T_a U_{in}' + U_{in}. \quad (14)$$

Подставив выражение для полинома $N(U_{in})$ из соотношения (14) в дифференциальное уравнение (13), получим развернутое уравнение контура тока с регулятором скорости с форсирующим входным воздействием:

$$2T_a^2 I_a'' + 2T_a I_a' + I_a = \frac{JK_{dt}}{cF_n 4T_a K_{dt}} (2T_a U_{in}'' + 2T_a U_{in}' + U_{in}), \quad (15)$$

моделирование которого показало, что оно эквивалентно безынерционному алгебраическому уравнению

$$I_a = \frac{JK_{dt}}{cF_n 4T_a K_{dt}}. \quad (16)$$

Таким образом, решили проблему компенсации нелинейности кривой намагничивания и создали новую – вместе с компенсацией нелинейности компенсировали все инерционные элементы в системе, а это чревато тем, что темп изменения тока электродвигателя превысит допустимые пределы.

Устранение этой проблемы достигается включением на выход регулятора скорости задатчика интенсивности темпа изменения тока якоря электродвигателя независимо от диапазона его изменения.

Канал обмотки возбуждения электродвигателя описывается уравнениями (5) – (7), причем (5) описывает источник энергии, (6) – уравнение равновесия напряжения на обмотке возбуждения, а (7) – кривую намагничивания. В настоящей работе предполагается, что данные по кривой намагничивания приводятся в паспорте на электродвигатель и размещены в памяти микроконтроллерной управляющей системы.

Прежде всего исключим из уравнения (6) переменную $F(I_b)$. Для этого производную $F'(I_b)$ уравнения (7) представим как производную от сложной функции с промежуточной переменной I_b :

$$\frac{2wp}{R_b} \frac{dF(I_b)}{dI_b} \frac{dI_b}{dt} = U_b - R_b I_b. \quad (17)$$

Затем производную $\frac{dF(I_b)}{dI_b}$ приближенно

представим как отношение приращений, при этом уравнение (17) примет вид

$$\frac{2wp}{R_b} \frac{\Delta F}{T} \frac{dI_b}{dt} = U_b - R_b I_b, \quad (18)$$

где $\Delta F = F - F_p$; $T = T - T_p$ – период дискретизации микроконтроллерной системы управления.

По уравнениям, полученным выше, было выполнено моделирование системы косвенного измерителя ЭДС электродвигателя и системы управления в целом. Результаты моделирования измерителя ЭДС приведены на рис. 1, где показаны осциллограммы выходного сигнала измерителя ЭДС и реальная ЭДС двигателя, умноженная на передаточный коэффициент наблюдателя.

В момент времени $t = 1,5$ с двигатель вышел на номинальную скорость, на которой оставался до $t = 2$ с, когда было произведено изменение задания с номинальной на двойное значение номинальной скорости. При $t = 2,8$ с привод вышел на заданную скорость. Из рис. 2 видно, что при $t = 2$ и $t = 2,8$ имеют место не

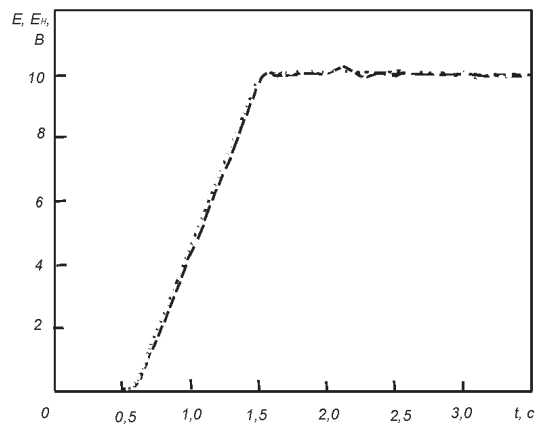


Рис. 1. Сравнение ЭДС двигателя (----) и выходного сигнала измерителя (.....)

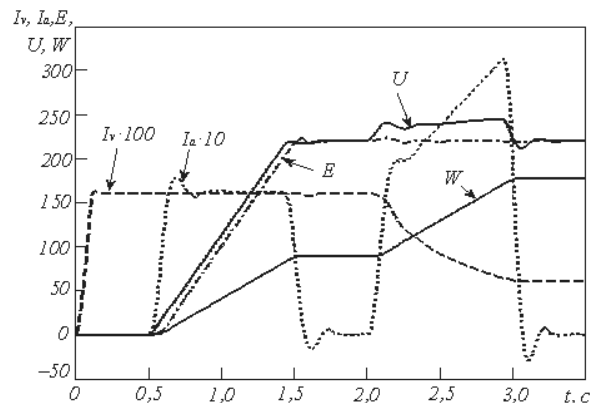


Рис. 2. Переходные процессы в системе

значительные динамические отклонения ЭДС с последующим выходом на номинальное значение, причем идеальный и измеренный сигналы как в установившихся, так и в динамических режимах практически совпадают. Предлагаем следующую методику синтеза нелинейных регуляторов скорости и ЭДС, в линейные варианты которых входит $kF_n = \text{const}$. Рассмотрим синтез регулятора скорости.

Предварительно регулятор синтезируем в предположении, что $kF = kF_n$ величина постоянная. Затем из знаменателя выражения для передаточной функции исключаем kF_n , а к выходу регулятора подключаем функциональный модуль, осуществляющий вычисление $1/kF$:

$$1/kF(t) = \omega(t)/E(t), \quad (19)$$

и далее производим умножение выходной величины линейной части регулятора. Затем ко входу регулятора скорости добавляем форсирующее звено, а на входы регуляторов тока якоря и обмотки возбуждения включаем задатчики интенсивности. При использовании сигналов наблюдателя ЭДС u_{de} и датчика скорости U_{oc} последнее соотношение легко преобразуется к виду:

$$\frac{1}{cF} = \frac{K_{dn} U_{oc}}{K_{d\omega} u_{de}}, \quad (20)$$

где $U_{oc} = K_{ds} \omega$ – выходной сигнал датчика скорости двигателя.

Стабилизация тока возбуждения достигается тем, что при скорости двигателя ниже номинальной регулятор ЭДС находится в ограничении, а его выходной сигнал служит заданием на номинальный ток контуру тока возбуждения. При скорости двигателя выше номинальной сигнал задания на ЭДС становится меньше сигнала измерителя ЭДС, и регулятор ЭДС выходит из ограничения. Контур ЭДС переходит в режим стабилизации ЭДС.

Для моделирования обмотки возбуждения двигателя используем дифференциальное уравнение (18). Регулятор приводим к сумме пропорциональной и интегрирующей составляющих в предположении, что на каждом шаге дискретизации параметры регулятора постоянные:

$$I_{b1} = U_{re} \frac{2p_1 w \Delta F / \Delta I_b}{K_{Tpb} K_{dTb} 2T_{Tpb}}; \quad (21)$$

$$\frac{dI_{b2}}{dt} = \frac{1}{K_{Tpb} K_{dTb} 2T_{Tpb}}; \quad (22)$$

$$I_b = I_{b1} + I_{b2};$$

здесь K_{Tpb} , K_{dTb} и T_{Tpb} – коэффициенты преобразования.

Регулятор представлен суммой двух звеньев из тех соображений, чтобы иметь возможность выражение в правой части уравнения (21) умножить на вычисленное текущее значение $\Delta F / \Delta I_b$.

До основной скорости система линейная, и регулятор ЭДС в соответствии с данными [2, 3] имеет вид

$$\frac{dU_{re}}{dt} = \frac{K_{ДТВ}}{K_F k \omega K_{dn} 4T_{pb}} U_{vx}, \quad (23)$$

где U_{re} и U_{vx} – сигналы соответственно на выходе и входе регулятора ЭДС; $K_{ДТВ}$, K_F – коэффициенты преобразования.

Для синтеза нелинейной составляющей регулятора ЭДС при работе привода на скорости выше основной учтем, что $K_F(I_b) = F/I_b$, а затем воспользуемся соотношениями $E = u_{de}/K_{dn}$ и $I_b = U_{dTb}/K_{dTb}$:

$$\frac{dU_{re}}{dt} = U_{vx} \frac{1}{4T_{Tb} P} \cdot \frac{U_{dTb} U_{vx}}{u_{de}}$$

Поскольку нелинейная составляющая регулятора тока возбуждения обеспечивает компенсацию нелинейности объекта управления, контур тока возбуждения электродвигателя представлен линейным звеном второго порядка:

$$2T_{Tb}^2 \frac{d^2 I_b}{dt^2} + 2T_{Tb} \frac{dI_b}{dt} I_b = U_{ze}$$

На рис. 2 показаны переходные процессы при пуске электропривода, работе на основной скорости и разгоне выше основной скорости, последнее обычно применяется для вытягивания конца слитка.

Выводы. Создана система, свободная от описанных выше недостатков и обеспечивающая качественные переходные процессы. Система может быть реализована на микроконтроллере Microchip dsPIC30F6010, который имеет все элементы для решения этой задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Романов А.Р., Кунинин П.Н. Нелинейная система электропривода тянущей клетки // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской на-

учной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Под общей редакцией Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: изд. Сиб-ГИУ, 2011. Вып. 15. Ч. IV. Технические науки. – С. 7 – 13.

2. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.

3. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводом: Учебник для студентов высш. учеб. заведений – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.

© 2012 г. П.Н. Кунинин, А.И. Рыбаков
Поступила 9 апреля 2012 г.

УДК 621.577

2012 г. В.В. Стерлигов, Т.А. Михайличенко, Н.В. Турлак

Сибирский государственный индустриальный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ КУЗБАССА

Повышение цен на энергоносители и рост загрязнения окружающей среды заставляют пересмотреть свое отношение к использованию традиционных энергоресурсов и обратить внимание на альтернативные источники энергии, технические перспективы и возможности решения этой проблемы.

Практический интерес к тепловым насосам, проявившийся в последние годы, связан с возможностью утилизации низкопотенциальных энергетических ресурсов и использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии. При этом одновременно с задачей утилизации энергоресурсов применение тепловых насосов решает насущные задачи энергоснабжения конкретного производства (например, горячего водоснабжения и отопления), а также обеспечивает большую энергонезависимость и значительную экономическую выгоду, позволяет защитить окружающую среду (так как тепловые насосы не используют топливо и не производят вредных выбросов углекислого газа в атмосферу).

В настоящее время реализуются следующие варианты использования тепловых насосов [1]:

- использование тепла атмосферного воздуха (наружный и отводимый вентиляционный воздух);
- использование тепла грунта и горных пород;
- использование тепла водоемов (морской, озерной и речной воды);
- использование тепла отливных шахтных вод;

– использование возобновляемых биологических ресурсов (биомассы, отходов животноводства и др.);

– использование вторичных энергоресурсов.

Энергетические и экономические показатели работы тепловых насосов тесно взаимосвязаны с характеристиками источников, тепло которых используется. Идеальный генератор тепла должен обеспечивать стабильную высокую температуру, не корродировать, не загрязнять атмосферу, обладать необходимыми теплофизическими характеристиками, не требовать существенных инвестиций и расходов на обслуживание. В большинстве случаев именно источник тепла является ключевым фактором, определяющим эксплуатационные характеристики теплового насоса.

Эффективность использования теплового насоса определяется соотношением количества вырабатываемой тепловой и потребляемой электрической энергии (коэффициент трансформации). Эта величина зависит от разности между температурами источника тепла и потребителя: чем она больше, тем меньше коэффициент трансформации. Поэтому при работе теплового насоса масса низкотемпературного источника тепла должна быть значительно больше нагреваемой массы. По этой же причине необходимо увеличивать площадь и интенсивность теплообмена, чтобы перепад между температурами источника тепла и холодного рабочего тела, а также между температурами горячего рабочего тела и нагреваемой среды был минимальным. Это снижает затраты

энергии на отопление, но увеличивает габариты и стоимость оборудования [2]. Практически эта задача решается конструктивно, например, за счет прокачки воды (так устроена система центрального отопления Стокгольма) [1].

В Кузбассе перспективы использования тепловых насосов связаны с возобновляемыми источниками энергии. Традиционно Кузбасс считается регионом с высокой энергообеспеченностью, тем не менее и здесь имеют место ситуации, когда экономически целесообразно использование автономных высокоэффективных средств выработки энергии, например, в отдаленных социальных учреждениях, на животноводческих фермах, в пришахтных поселках и т.п. Кроме того, на территории Кузбасса развито репродуктивное животноводство (свинокомплексы, птицефабрики), поэтому низкопотенциальными источниками энергии могут быть органические отходы животноводства. Еще один пример возобновляемых источников энергии – полигоны твердых бытовых отходов (биомасса и биогаз, температура которого может достигать 70 °С).

Приведем два примера перспективного, на взгляд авторов, использования тепловых насосов с учетом региональных особенностей Кузбасса.

Использование тепловых насосов на животноводческих фермах. Животноводческие комплексы оснащаются различными машинами и оборудованием с большой потребляемой мощностью. Это вызвано тем, что основные технологические процессы (приготовление кормов, охлаждение и пастеризация молока, подогрев воды для технологических нужд, вентиляция) являются весьма энергоемкими. Анализ затрат энергии на отдельные технологические операции показал, что наиболее энергоемкими являются процессы охлаждения молока, нагрева воды для санитарно-гигиенических и технологических нужд. Охлаждение свежесвыдоенного молока на ферме или комплексе является процессом обязательным; при его охлаждении выделяется теплота, которая в настоящее время не используется. Применяемая для охлаждения молока холодильная машина при производстве холода вырабатывает и некоторое количество теплоты, которое также не используется. Таким образом, в данной технологической линии охлаждения молока имеется реальная возможность использования вторичной теплоты.

Специфика подобных предприятий требует, с одной стороны, применения холодильной техники, а с другой стороны – использования нагревательного оборудования в системах

отопления. Таким образом, имеются самые широкие возможности использования тепловых насосов, в которых объединены эти два процесса [3].

Утилизация низкопотенциального тепла шахтных вод. Нерентабельность большинства шахт, связанная с высокой себестоимостью добычи угля, большие непроизводительные расходы и сложная экологическая ситуация в этих регионах – это основные проблемы угледобывающих предприятий. Достаточно большая часть непроизводительных расходов любого предприятия – теплообеспечение своих объектов, поэтому использование нетрадиционных источников энергии является очень перспективным направлением в энергосбережении, особенно для поселков с закрытыми шахтами.

Угольная промышленность характеризуется наличием возобновляемых источников энергии, к которым относится теплота шахтных вод, вентиляционных выбросов, хозбытовых стоков и породных отвалов. Предприятиями отрасли ежегодно сбрасывается в открытые водоемы около 2,4 млрд. м³ шахтных вод, из которых около 50 % являются нейтральными с температурой до 25 °С. С этими водами в окружающую среду сбрасывается более 12 млн. Гкал (50 млн. ГДж) низкопотенциальной теплоты, которая может быть утилизирована. С другой стороны, на многих шахтах существуют и с каждым годом обостряются проблемы обеспечения теплом. Старое котельное оборудование изнашивается, вследствие чего ряд предприятий испытывает большой недостаток тепловой энергии. При работе такого оборудования в зимних условиях подаваемый в шахту воздух не подогревается до требуемой температуры, возникают аварийные остановки вентиляторов главного проветривания, которые приводят к простоям шахты и потерям добычи угля. Для реконструкции существующей котельной и приобретения нового котельного оборудования отсутствуют достаточные средства. При этом получение тепловой энергии традиционным способом (путем сжигания твердого топлива) наносит непоправимый вред окружающей среде, создает неблагоприятную экологическую обстановку. Однако в настоящее время ни в России, ни в мире нет опыта работы с комбинированными энерготехнологиями.

Между тем, внедрение комбинированных энерготехнологий позволит:

– предотвратить остановки вентилятора главного проветривания, простоя шахты и, соответственно, снижение объемов добычи угля;

- снизить затраты на реконструкцию котельной;
- получить экологически чистую тепловую энергию, уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу;
- значительно снизить стоимость тепловой энергии, сэкономить топливно-энергетические ресурсы;
- полностью остановить шахтную котельную в летнее время с высвобождением обслуживающего персонала [4].

В настоящее время решение проблемы энергосбережения заявлено как одно из приоритетных направлений модернизации России [5]. Использование тепловых насосов в самых разнообразных сферах деятельности человека является хорошей альтернативой традиционным методам энергосбережения. Широкому распространению энергосистем, в которых задействованы тепловые насосы, препятствует необоснованная уверенность в том, что традиционных источников энергии на наш век еще хватит, а также пренебрежительное отношение к нетрадиционным источникам энергии. Кроме того, отсутствует системное экономическое обоснование проблемы в целом, за исключением отдельных расчетов, подтверждающих экономическую целесообразность использования тепловых насосов в некоторых частных случаях [2, 6]. Между тем, в кузбасском регионе присутствует практически весь спектр низкопотенциальных источников энергии для реализации энергосберегающих возможностей тепловых насосов: шахтные воды (откачиваемые и воды заброшенных шахт), вентиляционные выбросы, вода от ТЭЦ после конденсаторов, теплота в системах охлаждения тепловых агрегатов и многие другие источники, характерные для развитой промышленности Кузбасса. Следует обратить особое внимание на использование вторичных энергоресурсов промышленности, которые сейчас утилизируются не в полной мере.

Можно с сожалением констатировать, что практика внедрения в России систем, в которых реализуются одновременно энергопотребление, энергосбережение, энергоснабжение и

утилизация вторичных энергоресурсов, отсутствует, хотя за рубежом отопление жилого фонда с помощью тепловых насосов приобретает все более широкое распространение. Доказано, что никакое другое оборудование в таких ситуациях не может конкурировать с тепловыми насосами [2, 6], что и вселяет надежду на их широкое использование в будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ф о м е н к о А.И. Энергосберегающие технологии для дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fkita/fomenko/ind/index.htm>
2. В а с и л ь е в Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. – М.: Красная звезда, 2006. – 220 с.
3. М о р о з о в М.С. Использование тепловых насосов в пищевой промышленности [Электронный ресурс] // Экологические системы. 2009. № 3. – Режим доступа: http://escosys.narod.ru/2009_3/art122.htm
4. З а к и р о в Д.Г., Н е х о р о ш и й И.Х., Я н ц е н А.П. и др. Внедрение опытной технологии утилизации низкопотенциального тепла шахтных вод [Электронный ресурс] // Экологические системы. 2005. № 5. – Режим доступа: http://esco.co.ua/journal/2005_5/art98.htm
5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ] // Российская газета. 2009. – № 5050.
6. О с а д ч и й В. Тепловые насосы: перспективы и реальность [Электронный ресурс] // Строительство и недвижимость. 1997. № 13. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/13/sn1311.htm> 1997

© 2012 г. В.В. Стерлигов,
Т.А. Михайличенко, Н.В. Турлак
Поступила 23 апреля 2012 г.

2012 г. Л.А. Ермакова, С.П. Мочалов, С.Н. Калашиников, А.А. Пермяков

Сибирский государственный индустриальный университет

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГОРЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА*

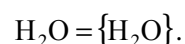
В настоящее время наряду с добычей угля быстрыми темпами развивается его обогащение. Неизбежным результатом процесса обогащения является получение отходов – мелких частиц угля и минеральных включений. Значительное количество отходов углеобогащения уже накоплено, они складываются на обогатительных фабриках и загрязняют окружающую среду. Одним из способов утилизации отходов углеобогащения является их сжигание в вихревой топке автоматизированного энергогенерирующего комплекса в виде водоугольной суспензии¹. Это позволяет не только использовать весь добытый уголь для получения тепла, но и решает экологические проблемы угледобывающих регионов. Для разработки технологии сжигания водоугольного топлива (ВУТ) в вихревой топке необходимо изучить механизм горения капель этого суспензионного топлива.

При описании процесса горения водоугольного топлива необходимо учитывать основные отличия процессов воспламенения и горения капли суспензии от горения пылевидного твердого топлива. Для описания процесса горения капель ВУТ можно предложить следующую физико-химическую схему процесса, состоящего из нескольких независимых параллельно-последовательных стадий (рис. 1):

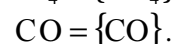
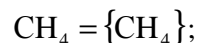
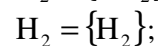
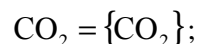
– на поверхности капли – мгновенный прогрев и поверхностное испарение влаги, низкотемпературная активация реакционной поверхности топлива перед его воспламенением, горение микрочастиц угля на поверхности капли;

– внутри капли – постепенный прогрев кап-

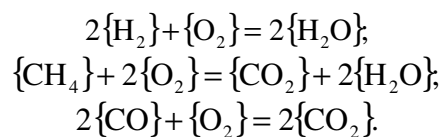
ли, испарение влаги из внутренней области капли, выход летучих из капли, горение летучих около капли ВУТ, перенос микрочастиц угля к поверхности капли с образованием ксеноферы (полной сферы), горение микрочастиц угля в результате химической реакции с кислородом воздуха и водяным паром. При попадании капли ВУТ в горячую топочную камеру происходит практически мгновенный прогрев поверхности капли и испарение влаги с этой поверхности. Внутри капли происходит ее постепенный прогрев, с повышением температуры начинается процесс испарения влаги из внутренней области капли, который описывается следующей реакцией:



При повышении температуры поверхности капли начинается термическая деструкция (пиролиз) органической массы на поверхности капли ВУТ, сопровождающаяся выделением летучих веществ. При продвижении температурного фронта в глубь капли начинается процесс выхода продуктов разложения горючих веществ из внутренней области капли и частичное их окисление. Эти процессы описываются следующими основными реакциями:



Выделяющиеся горючие газообразные компоненты взаимодействуют с кислородом воздуха по реакциям



За счет водяного пара, образующегося при

* Работа выполнена в рамках проекта № 2010-218-02-174 по Постановлению Правительства РФ № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологического производства» от 09.04.2010 г.

¹ Мочалов С.П., Ивушкин А.А., Мышляев Л.П. – В кн.: Сб. науч. статей Международной научн.-практ. конференции «Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов». – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2011. С. 36 – 39.

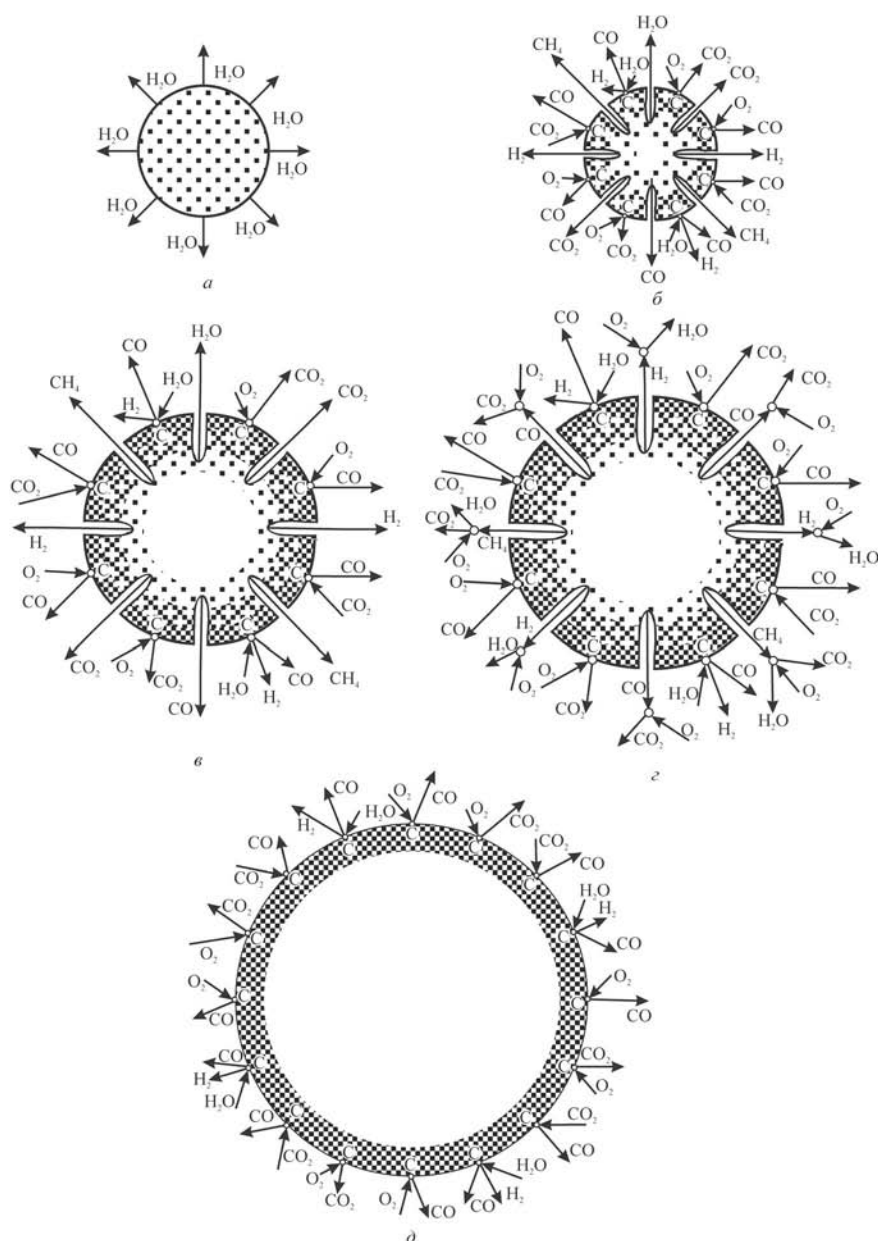
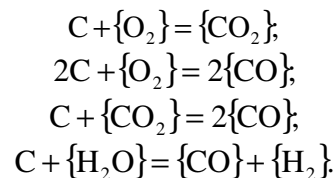


Рис. 1. Физико-химическая модель горения ВУТ:

a – испарение капли с поверхности ВУТ; *б* – горение угольных микрочастиц на поверхности капли ВУТ, испарение капли из внутренней части; *в* – горение угольных микрочастиц на поверхности капли ВУТ, выход летучих из внутренней части капли; *г* – горение угольных микрочастиц на поверхности капли ВУТ, горение летучих; *д* – горение угольных микрочастиц

испарении влаги с поверхности капли ВУТ, происходит низкотемпературная активация угольных микрочастиц на поверхности до их воспламенения, что приводит к существенному снижению температуры воспламенения ВУТ. В процессе горения летучих происходят нагрев капли и воспламенение коксового остатка микрочастиц угля на ее поверхности. На поверхности протекают реакции горения за счет взаимодействия углерода с кислородом воздуха, водяными парами и углекислым газом, полученным как от выхода летучих, так и от горения летучих и коксовой основы топлива. Горение происходит по следующим реакциям:



Процесс горения на поверхности капли ВУТ происходит параллельно с испарением влаги и выходом летучих из глубины капли. В ходе испарения влаги и выхода летучих осуществляется вынос микрочастиц угля из глубины капли к ее поверхности, в результате чего капля ВУТ превращается в полую сферу.

Распределения частиц ВУТ и золы по размерам

Материал	Объем, %, частиц размером, мм								
	$\frac{0,00002}{0,00025}$	$\frac{0,00025}{0,00071}$	$\frac{0,00071}{0,00200}$	$\frac{0,00200}{0,00564}$	$\frac{0,00564}{0,01589}$	$\frac{0,01589}{0,04478}$	$\frac{0,04478}{0,12619}$	$\frac{0,12619}{0,35566}$	$\frac{0,35566}{2,000}$
ВУТ	–	0,65	2,25	7,36	20,35	33,65	29,16	6,47	–
Зола (проба 1)	–	–	–	0,11	6,56	43,02	41,32	8,31	0,70
Зола (проба 2)	–	–	–	1,21	8,95	20,55	39,06	28,18	2,06

П р и м е ч а н и е. В числителе и знаменателе приведены минимальное и максимальное значение диапазона.

Гранулометрический анализ ВУТ и золы, полученной при его сжигании. Для исследования применяли лазерный анализатор размеров частиц Mastersiser 2000 (Malvern, Великобритания). Результаты экспериментального исследования гранулометрического состава ВУТ, полученного из отходов угольного производства ЦОФ шахты «Антоновская», и двух проб пыли, отобранных в вихревом пылеуловителе в ходе эксперимента по сжиганию ВУТ в вихревой топке, приведены в табл. 1.

Оценка плотности распределения $f(d)$ частиц по размерам на основе экспериментальных данных строится в классе регулярных распределений в интервале $[d_{\min}, d_{\max}]$ в виде логарифмически нормального закона распределения с учетом минимального d_{\min} и максимального d_{\max} диаметров частиц:

$$f(d) = \frac{\lambda(d_{\max} - d_{\min})}{(d_{\max} - d)(d - d_{\min})\sigma\sqrt{2\pi}} \times \exp\left[-\frac{\left(\ln\left(\frac{d_{\max} - d}{d - d_{\min}}\right) - \ln a\right)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (1)$$

где λ, a, σ – параметры распределения.

Конкретный вид плотности $\tilde{f}_m(d)$ определяется значениями параметров λ^*, a^* и σ^* (табл. 2), которые минимизируют функционал

$$\Phi(\lambda^*, a^*, \sigma^*) = \min_{\lambda, a, \sigma} \sum_{i=1}^{N_\phi} (f(d_i) - S_i)^2,$$

где N_ϕ – количество фракций соответствующего вещества; d_i – размер частиц в i -ой фракции, мм; S_i – доля i -ой фракции, %.

Полученные при обработке экспериментальных данных параметры плотности распределения частиц по размерам для ВУТ и продуктов его горения приведены в табл. 1.

Гистограммы и плотности распределений

Т а б л и ц а 2

Параметры распределения частиц ВУТ и золы по размерам

Материал	$d_{\min}, \text{мм}$	$d_{\max}, \text{мм}$	λ^*	a^*	σ^*
ВУТ	0,00028	0,31698	0,611	2,555	1,177
Зола (проба 1)	0,00448	0,63246	0,703	7,668	0,846
Зола (проба 2)	0,00317	2,00000	1,701	8,194	1,011

частиц ВУТ и золы по размерам приведены на рис. 2 (размер частиц указан в логарифмической шкале).

Стереомикроскопическое исследование продуктов сжигания ВУТ. Для исследования пыли, отобранной в вихревом пылеуловителе в ходе эксперимента по сжиганию ВУТ в вихревой топке, проба была растворена в воде и разделена в ней на две фракции. Тяжелая фракция (80 – 85 %) располагается на дне пробирного стакана, легкая всплывает на поверхность воды. Эти фракции пробы изучали отдельно под стереомикроскопом при увеличении от 20 до 300 крат. Все частицы очень хорошо видны, они представляют собой частицы сферического типа или (чаще) их обломки (рис. 3).

Легкая фракция состоит из частиц графита и прочих минеральных частиц. Частицы графита образуют либо целые герметически закрытые микросферолиты, либо сегментовидные обломки этих сферолитов. Графит перекристаллизован, однако кристаллы очень мелкие. Кроме сферических и полусферических частиц наблюдаются линейно-вытянутые частицы графита, они представляют собой агрегаты пластинчатых слюдоподобных кристаллов. Сферическая форма частиц создает впечатление об их значительном преобладании над другими частицами. Сферические частицы

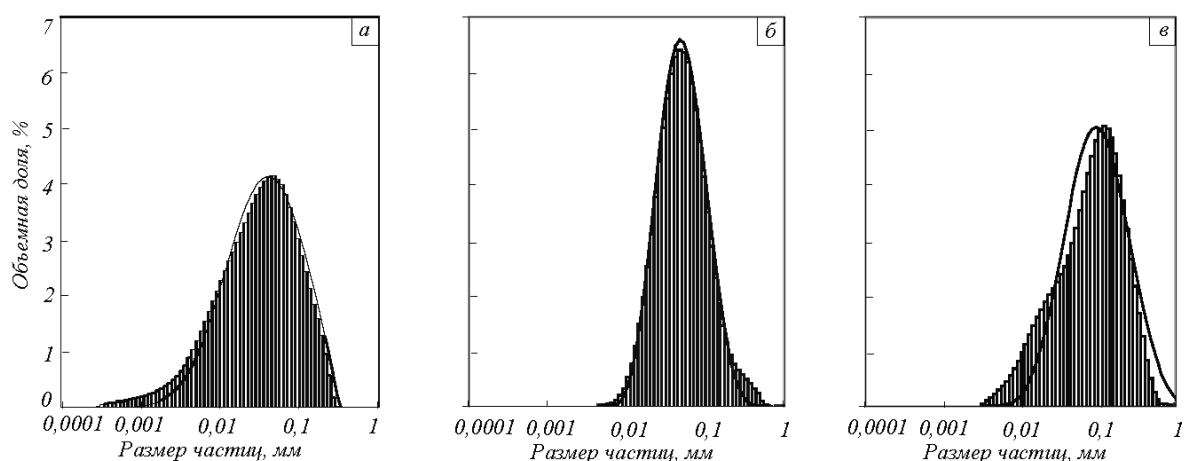


Рис. 2. Гистограммы и плотности распределений частиц ВУТ и золы по размерам:
а – ВУТ; б и в – проба 1 и 2 золы

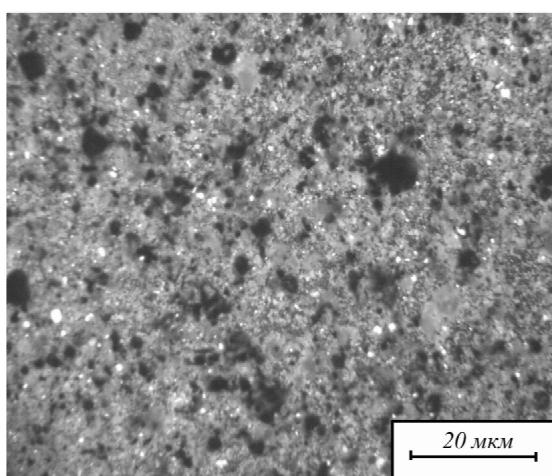


Рис. 3. Стереомикроскопическое исследование пыли из циклона (отраженный свет)

графита блестящие, черные, имеют форму правильной сферы или удлиненного овалоида, размеры сфер различные (от 2 – 3 до 100 мкм).

Буровато-желтые частицы – это силикатное стекло, окрашенное оксидами железа. Крупные частицы представляют собой агломерат из стекловатых микросферолитов. Средние и мелкие изометричные частицы – наиболее крупные микросферолиты; они очень редко бывают целыми, чаще представлены сегментовидными осколками. Содержание силикатного стекла в пыли циклона меняется в пределах от 3,5 до 35,0 %. Кристаллический кремнезем

представлен главным образом кристобалитом, реже α - и β -кварцем; их общее содержание изменяется в пределах 0,5 – 8,5 %. Карбиды и нитриды кремния, алюминия и щелочноземельных металлов имеют зеленовато-серый цвет, их содержание составляет около 1 %. Особенно много в этой пыли пустотелых графитовых микросферолитов, по объему они составляют в разных пробах от 5 до 35 %, по массе от 2 до 18 %. Встречаются частицы изумрудно-зеленого цвета, причем вначале их не было видно, они появились с течением времени. Оказалось, что это железо-медный купорос (халькантит); в золе присутствуют сульфиды кальция, железа и меди в достаточном (около 2 %) количестве.

Выводы. Проведенный гранулометрический анализ и стереомикроскопическое исследование подтверждают, что при сгорании капель водоугольного топлива образуются пыле сферические частицы более крупного размера, чем частицы исходного водоугольного топлива, что полностью соответствует предложенному механизму его горения.

© 2012 г. Л.А. Ермакова, С.П. Мочалов,
С.Н. Калашиников, А.А. Пермяков
Поступила 12 мая 2012 г.

УДК 546.657'141: (546.05 + 543.57)

2012 г. Ю.В. Бендре, С.В. Зенцова, В.Ф. Горюшкин

Сибирский государственный индустриальный университет

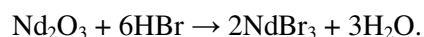
ТЕРМИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ ПЛАВЛЕНИЯ БРОМИДА НЕОДИМА (III)

На кафедре общей и аналитической химии СибГИУ проводятся систематические исследования термических констант плавления галогенидов лантанидов с целью изучения периодичности изменения физико-химических свойств, полученных по единой методике, для однотипных соединений лантанидного ряда. Настоящее исследование посвящено определению термических констант плавления трибромида неодима (NdBr_3). В ряду трибромидов лантанидов NdBr_3 занимает особое место – на это вещество приходится кристаллический морфотропный переход, заключающийся в том, что гексагональная структура типа UCl_3 , свойственная трибромидам лантана, церия и празеодима, изменяется на ромбическую, типа PuBr_3 [1].

Оригинальные данные о температуре плавления трибромида неодима таковы: 955 К [2 – 4], 957 К [5]. Авторы работы [2] измерили калориметрическим методом энтальпию плавления: $\Delta_m H^\circ(\text{NdBr}_3) = 45,6$ кДж/моль.

Экспериментальная часть

Синтез. Принцип, положенный в основу разработанного нами способа получения безводного трибромида неодима, взят из работы [6]. Безводный NdBr_3 синтезировали в три стадии. На первой – получали кристаллогидрат $\text{NdBr}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Для этого оксид неодима марки НО-Е (п/я М-5998, партия № 494 от 15.12.89 г., ОСТ 48-197-81) помещали в фарфоровую чашку диам. 200 мм и растворяли в бромоводородной кислоте (ЧДА, ГОСТ 2062 – 77, п/я Г-4904):



Вещество растворилось с образованием прозрачного сиреневого раствора. Из раствора на водяной бане медленно, в течение трех суток, выпаривали избыток бромоводородной кислоты и воду. В результате получали твердый порошок темно-сиреневой окраски, который переносили из чашки в бюкс и ставили для хранения в сухой бокс. Порошок кристаллогидрата проверяли на растворимость: обра-

зовывался сиреневый раствор, который на глубоком черном фоне слегка опалесцировал.

На второй и третьей стадиях из кристаллогидрата $\text{NdBr}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ получали безводный, возгонанный бромид неодима (III). Для этого 10 – 15 г кристаллогидрата в боксе помещали в кварцевый реактор специальной формы, который имел на выходе секцию для накопления возгонанного вещества. Реактор одним концом (тем, где была соль) помещали в печь, а другим – соединяли с вакуумной системой. В течение первых суток при непрерывной откачке (при давлении $5 \cdot 10^{-1}$ Па) температуру вещества в реакторе повышали примерно до 370 К, в течение вторых – примерно до 450 К. На третьей сутки в течение 8 ч температуру увеличивали до 1150 К и выдерживали 3 ч. Затем печь выключали, реактор охлаждали вместе с печью, отпаивали и переносили в сухой бокс.

В боксе вакуумированный реактор разбивали в определенной его части, чтобы без потерь и без засорения осколками кварца извлечь вещество возгона – спекшийся, частично подплавленный сиреневый порошок, образовавшийся в накопителе реактора в результате конденсации пара. Собранное вещество возгона измельчали в ступке и помещали в пирексовые ампулы, которые вакуумировали для лучшего сохранения вещества.

Новизна разработанного способа по сравнению с приведенным в работе [6] состоит в том, что стадия контролируемой дегидратации кристаллогидрата $\text{NdBr}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в вакууме дополняется стадией возгонки вещества в вакууме, причем обе стадии (контролируемой дегидратации и возгонки) осуществляются последовательно в одном и том же реакторе, и после возгонки вещество не контактирует с атмосферным воздухом.

По описанной методике получали две порции кристаллогидрата (по 30 – 40 г), а из них – три порции (партии) безводной соли NdBr_3 . Выход безводной соли в каждом синтезе составлял 20 – 40 % от массы кристаллогидрата.

Химический анализ. Проанализировали пробу массой 0,9187 г (на 0,5 л H_2O) от третьей из четырех полученных партий вещества NdBr_3 . Неодим определяли комплексономет-

рически с трилоном Б, содержание брома находили гравиметрией, осаждением его в виде бромида серебра.

В полученном веществе найдено, %: $37,56 \pm 0,07$ Nd и $62,35 \pm 0,15$ Br; для вещества NdBr_3 вычислено содержание, %: $37,567$ Nd и $62,433$ Br; суммарное содержание элементов составило $99,91 \pm 0,16$ % ($P = 0,95$; $f = 4$); отношение количеств компонентов следующее: $\nu(\text{Br})/\nu(\text{Nd}) = 2,996 \pm 0,014$.

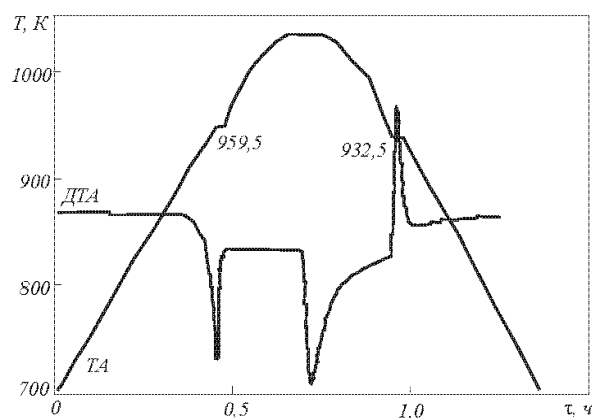
Результаты химического анализа подтверждают высокую чистоту и требуемую стехиометрию синтезированного бромида.

Дифференциально-термический анализ.

ДТА-измерения образцов бромида неодима проводили¹ на дериватографе системы Паулик, Паулик, Эрдей со скоростью нагревания и охлаждения 10 К/мин при чувствительности ДТА $1/5$. На спаи термопар устанавливали цилиндрические вакуумированные кварцевые сосуды (ампулы) объемом $1,2 - 1,4$ см³ с веществом NdBr_3 (образец) и оксидом Al_2O_3 (эталон). Для минимизации термического разложения вещества NdBr_3 в сосуды с образцами перед вакуумированием добавляли из пипетки по капле брома. Всего записывали девять ДТА-кривых, используя в образцах вещества трех параллельных синтезов (партий). Методика расшифровки кривых ДТА в количественном варианте, расчета температур и энтальпий превращений, способ калибровки прибора и градуировки термопары описаны в работах [7, 8]. Отметим только, что площади пиков измеряли с помощью программы AutoCAD 2006, осуществляя предварительное сканирование всех записанных на приборе ДТА-кривых, а затем обвод контуров пиков. Относительная ошибка при измерении площадей пиков составляла не более $0,15$ %.

Результаты и их обсуждение

На ДТА-кривых вещества NdBr_3 (см. рисунок) наблюдали только по одному эффекту при нагревании и охлаждении. Результаты измерения температур и энтальпий плавления образцов бромида неодима (III) приведены в таблице, анализ которой показывает, что NdBr_3 склонен к переохлаждению, поэтому температуру плавления определяли только по данным нагревания. Из обработки исключили значение $984,0$ К, которое находится за пределами области рассеяния. При расчете энтальпии плавления по такой же причине исключили значение $44,34$ кДж/моль (нагревание), однако дан-



Типичная ДТА-кривая образца бромида неодима (III)

ные нагревания и охлаждения обрабатывали совместно, так как они составляют одну область рассеяния. После статистического усреднения получено: $T_m(\text{NdBr}_3) = 959 \pm 2$ К ($P = 0,95$; $f = 7$); $\Delta_m H^\circ(\text{NdBr}_3) = 30 \pm 2$ кДж/моль ($P = 0,95$; $f = 16$).

Значение температуры плавления, полученное нами, подтверждает [5] в области доверительных интервалов, однако энтальпия плавления не совпадает с результатом calorиметрического измерения [2]. Полученное нами значение ниже на 34 %. Вопрос о причинах несовпадения энтальпий фазовых переходов галогенидов лантанидов, определяемых нами методом количественного ДТА, с результатами calorиметрических измерений [2] остается открытым.

В работе [2] calorиметрией сбрасывания определены энтальпии фазовых переходов 23 галогенидов РЗЭ (III). Нами, к настоящему времени, измерения выполнены и результаты опубликованы для 29 тригалогенидов РЗЭ. И данные [2] по энтальпиям, и наши данные являются внутренне согласованными, что следует, например, из работы [9]. Отметим здесь, что особенностями наших экспериментов являются использование синтезированных самостоятельно высокочистых охарактеризованных веществ, проведение значительного числа параллельных ДТА-измерений как калибровочных, так и испытуемых образцов со статистической обработкой результатов, нагревание и охлаждение веществ в изготовленных по единым требованиям [7] вакуумированных кварцевых сосудов, добавление галогенов в сосуды ДТА для предотвращения термического разложения нагреваемых веществ.

По энтальпии и температуре плавления трибромида неодима рассчитывали энтропию плавления: $\Delta_m S^\circ(\text{NdBr}_3) = 31 \pm 2$ Дж/(моль·К).

¹ ДТА-кривые сняты инженером Г.М. Тираковым.

Результаты ДТА-измерений образцов NdBr₃

Номер ДТА-кривой*	Масса образца, г	Нагревание		Охлаждение	
		T_m , К	$\Delta_m H^\circ$, кДж/моль	T_m , К	$\Delta_m H^\circ$, кДж/моль
1-1-1	0,74520	959,5	35,8	930,3	33,3
1-1-2	0,74520	984,0	28,2	948,3	26,9
1-1-3	0,74520	955,1	25,2	918,9	22,8
2-1-1	1,08290	955,1	44,3	943,8	30,1
2-1-2	1,08290	959,5	31,0	937,1	28,8
2-1-3	1,08290	959,5	29,1	939,3	27,9
3-1-1	0,93005	959,5	29,3	932,5	33,0
3-1-2	0,93005	959,5	31,6	932,5	29,4
3-1-3	0,93005	961,8	34,9	934,8	30,0
		<i>Средние значения</i>			
		958,7	30,6	935,3	29,1

*Первая цифра в номере ДТА-кривой означает номер партии, вторая – номер образца из вещества данной партии, третья – какой по счету раз термически анализируется данный образец.

Выводы. Взаимодействием оксида неодима (III) с бромоводородной кислотой и дальнейшим обезвоживанием полученного кристаллогидрата NdBr₃·nH₂O в вакууме с заключительной возгонкой безводного бромида синтезированы образцы NdBr₃. Проведена их идентификация методом химического анализа. Методом количественного ДТА, в условиях предотвращения термического разложения, для бромида неодима (III) определены температура и энтальпия плавления, а затем рассчитана энтропия плавления. Измеренная энтальпия плавления является альтернативой имеющимся литературным данным, а температура плавления практически совпадает с имеющимся значением [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Powder Diffraction File. Search Manual Alphabetical Listing. Inorganic, 1973. Publication SMA – 23. Published by the JOINT Committee on Powder Diffraction STANDARDS 1601 Park Lane, Swarthmore, Pennsylvania 19081 U.S.A.
2. D w o r k i n A.S., B r e d i g M.A. // High Temp. Sci. 1971. V. 3. № 1. P. 81 – 90.
3. S p r e d d i n g F.H., D a a n e A.H. // Met. Rev. 1960. V. 5. № 19. P. 297 – 341.
4. М о л о д к и н А.К., С т р е к а ч и н с к и й А.Б., Д у д а р е в а А.Г. // Журнал неорганической химии. 1978. Т. 23. № 8. С. 2256 – 2258.
5. С о х D.E., F o n g F.K. // J. of Cryst. Growth. 1973. V. 20. № 3. P. 233 – 238.
6. Б р а у н Д. Галогениды лантаноидов и актиноидов. – М.: Атомиздат, 1972. – 272 с.
7. Г о р ю ш к и н В.Ф., З а л ы м о в а С.А., П о ш е в н е в а А.И. // Журнал неорганической химии. 1990. Т. 35. № 12. С. 3081 – 3086.
8. Г о р ю ш к и н В.Ф., П о ш е в н е в а А.И., В и н о к у р о в а Н.Г. // Журнал неорганической химии. 1996. Т. 41. № 9. С. 1534 – 1536.
9. Г о р ю ш к и н В.Ф., К у л а г и н Н.М., К у л а г и н а Н.Г., К и с е л е в а Т.В. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2005. № 6. С. 3 – 7.

© 2012 г. Ю.В. Бендре, С.В. Зенцова,
В.Ф. Горюшкин
Поступила 12 мая 2012 г.

2012 г. А.Н. Стеблюк

Сибирский государственный индустриальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО БЕТОНА

Бетон для дорожного строительства должен обладать высокими показателями прочности на сжатие и растяжение при изгибе, трещиностойкости, долговечности, стоек против истирания. Для обеспечения требуемых характеристик предлагается применять фибробетон. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что дисперсное армирование бетонов различными волокнами является наиболее оптимальным и все более широко применяется во многих областях строительства. В качестве фибр обычно используют стальную проволоку, стеклянные, базальтовые, полипропиленовые волокна, но практика показала, что их применение либо дорого (стальные фибры), либо неэффективно (стеклянные фибры).

Исследования показывают, что более эффективно применять в качестве фибр базальтовое и асбестовое волокно. Волокна асбеста по прочности на растяжение превосходят стальную проволоку, при этом асбест благодаря высокой адсорбционной способности хорошо сцепляется с твердеющим цементом. Асбестовые волокна обладают высокой прочностью на разрыв по оси волокнистости, а также модулем упругости. Средние значения модуля упругости асбеста колеблются от 16 104 до 21 104 МПа [1]. Совокупность уникальных свойств хризотил-асбеста: способность расщепляться на тончайшие эластичные волокна, которые имеют высокую механическую прочность, несгораемость и теплостойкость, высокий коэффициент трения, низкая проводимость тепла, электрического тока и звука, атмосферостойкость, щелочеустойчивость и стойкость по отношению к морской воде, высокая адсорбирующая активность и способность к образованию устойчивых композиций с различными вяжущими материалами. Промышленное использование хризотил-асбеста экономически выгодно ввиду его доступности, дешевизны и долговечности.

Однако к применению асбестовых волокон относятся по-разному, в Европе, например, проводится антиасбестовая кампания. Но на сегодняшний день доказано, что при низких концентрациях асбестовых волокон их дейст-

вие принципиально не отличается от действия других видов минеральной пыли (цемента, кварца и т.п.). Необходимо отметить, что в воздухе над поверхностью земли содержится некоторое количество асбестовых волокон. Причина этого в том, что асбестосодержащая порода – серпентинит широко распространена в природе. Хотя содержание асбеста в серпентините не велико, в результате его выветривания в атмосферу поступают асбестовые микроволокна. Этот естественный фон асбеста можно сравнить с естественным радиационным фоном. К таким фоновым дозам человек адаптировался. Мониторинг людей, никогда не имевших контакта с асбестом, показал, что в их легочной ткани всегда обнаруживаются в заметном количестве волокна асбеста. Это указывает на то, что существует пороговая доза содержания асбеста в воздухе, ниже которой он абсолютно безвреден [2]. Применение асбестовых волокон в качестве добавки именно в дорожный и аэродромный бетон полностью исключает какие-либо негативные воздействия на организм человека.

Сегодня взаимодействие общества и природы становится одной из важнейших проблем, имеющих серьезное экологическое противоречие. Человечество потребляет огромное количество природных ресурсов и на порядок больше оставляет техногенных отходов. Поэтому проблема их утилизации стала наиболее актуальной. Встал вопрос утилизации отходов производства асбесто-технических изделий, которые представляют собой микроволокна. Поэтому предложено использовать эти отходы в качестве дисперсноармирующих волокон в дорожный и аэродромный бетон с целью повышения его прочности, трещиностойкости, износостойкости, долговечности.

Методом математического планирования проведен лабораторный шестифакторный эксперимент подбора оптимального состава бетона, модифицированного асбестовыми микроволокнами. Исследования влияния количества вводимого волокна в бетонную смесь оценивались по пределам прочности при сжатии и изгибе в возрасте 28 суток.

В качестве сырьевых материалов использовались: цемент марки ПЦ 400-Д0 производства ООО «Стройгазцемент» (Алтайский край с. Галуха) активностью 41,17 МПа; песок из отсеков от дробления, поступающий от ООО «Бийский речной порт» (Алтайский край, г. Бийск) и соответствующий группе крупных песков 2 класса; щебень из гравия и валунов производства ОАО «Бийский ГПК» фракции 5 – 20 мм и насыпной плотностью 1,44 м³/т; отходы производства Барнаульского завода асбесто-технических изделий, поступающие в виде гибких микроволокон различной (1 – 5 мкм) длины и влажностью 2 %. Химический состав асбестовых волокон следующий: 42,80 % SiO₂, 0,45 % Al₂O₃, 0,01 % Cr₂O₃, 0,09 % FeO, 0,30 % Fe₂O₃, 41,00 % MgO, 0,27 % MnO, 0,40 % CaO, 0,24 % NiO, 0,08 % Na₂O, 0,05 % K₂O, 13,3 % H₂O⁺, 1,1 % H₂O⁻.

Асбестовое волокно (ГОСТ 12871 – 93) марки А-6К-30 характеризуется следующими свойствами: насыпная плотность 450 кг/м³, прочность на растяжение 2800 МПа, модуль упругости 70 000 МПа, удлинение при разрыве 0,7 %.

За основу для исследований был взят состав бетона марки 300. Образцы формовались в формах размером 150×150×600 мм, уплотнение бетонной смеси производилось на лабораторной виброплощадке, термическая обработка образцов – в лабораторной камере по режиму подъем температуры 3,5 ч + выдержка 5,5 ч + снижение температуры 2,0 ч при температуре изотермической выдержки 80 – 85 °С. Образцы после пропарки выдерживались в камере нормального твердения 28 дней, затем проводили их испытание. Средние результаты влияния расхода *B* асбестовых микроволокон на прочность на сжатие ($\sigma_{сж}$) и прочность на растяжение при изгибе ($\sigma_{изг}$) приведены ниже:

Состав	<i>B</i> , %	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа
Контрольный	0	33,0	3,9
1	0,2	35,0	4,0
2	0,3	37,0	4,8
3	0,4	37,5	4,9
4	0,5	39,0	5,1
5	0,6	35,0	4,9

Анализируя полученные результаты исследований бетонных композиций, армированных асбестовыми микроволоконками в количестве 0,2 – 0,6 % от массы цемента, можно сделать вывод, что наилучшими показателями к 28 суткам твердения имел асбестобетон с количеством вводимого волокна 0,5 % от массы цемента. Прочность на изгиб и сжатие такой композиции возросла по сравнению с прочностью неармированного бетона на 18 и на 40 % соот-

ветственно (рис. 1). Дальнейшее повышение содержания волокна в композиционном материале ведет к образованию комовых включений, приводящих к созданию неравномерной структуры композиции, в результате чего уменьшается прочность как при изгибе, так и при сжатии. При введении волокна в бетонную смесь ее подвижность несколько уменьшается, как следствие – снижается удобоукладываемость смеси, увеличивается расход воды затворения. Чтобы избежать этого, в бетон, армированный минеральными микроволоконками, эффективно вводить пластифицирующую добавку. В качестве последней изучена новая добавка, полученная из отходов коксохимического производства методом сульфирования с последующей нейтрализацией и добавлением активных присадок.

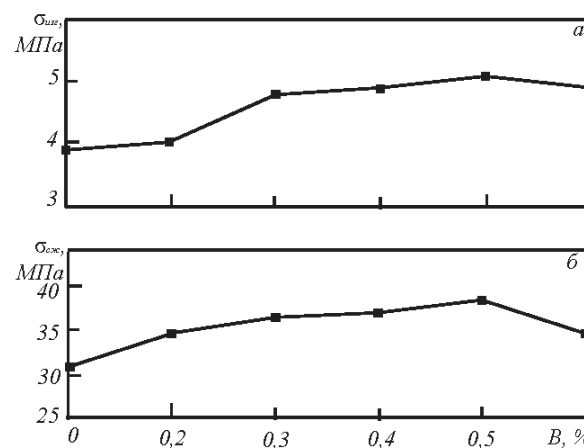


Рис. 1. Влияние количества армирующих микроволокон на прочность бетона при изгибе (а) и сжатии (б)

Испытания влияния добавки проводились на образцах-балочках 4×4×16 см из цементно-песчаной смеси состава 1:3. В качестве вяжущего и заполнителей использовались те же материалы. Также применялась новая пластифицирующая добавка из отходов коксохимического производства, представляющая собой водорастворимый тонкодисперсный порошок, который вводится в смесь с водой затворения. Первая партия образцов замешивалась без добавки (контрольная), вторая – с применением добавки в количестве 0,8 % от массы цемента, третья – с добавкой в количестве 1,6 %, четвертая – в количестве 2,4 %. Результаты влияния новой добавки на свойства цементно-песчаного раствора приведены в таблице.

В ходе эксперимента установлено, что добавка обладает высоким пластифицирующим эффектом и позволяет сократить расход воды без изменения подвижности. При введении исследуемой добавки в бетонную смесь в ко-

Результаты влияния новой добавки на свойства цементно-песчаного раствора

Состав	Осадка конуса	Количество добавки, %	Количество воды затворения, мл	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа
Контрольный	4...6	0	300	31	3,6
1	4...6	0,8	250	47	5,5
2	4...6	1,6	225	51	6,3
3	4...6	2,4	200	45	5,1

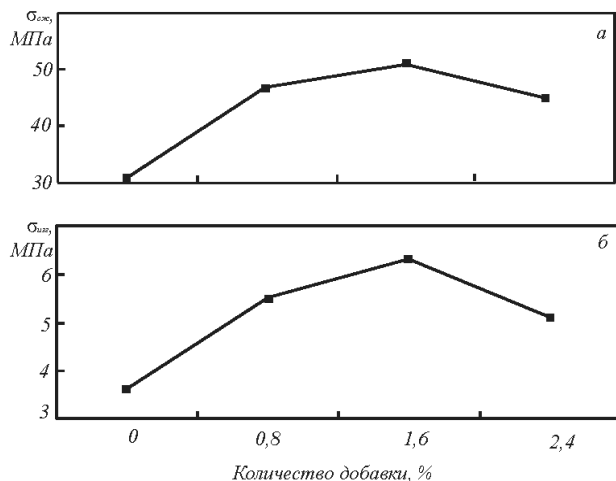


Рис. 2. Влияние количества новой пластифицирующей добавки на прочность бетона при сжатии (а) и изгибе (б)

личестве 1,6 % прочность на сжатие увеличивается на 64 %, а прочность на изгиб на 75 % при снижении расхода воды затворения на 25 % по сравнению с контрольным составом (рис. 2).

Экономический эффект от введения новой добавки обусловлен ее техногенным происхождением и предполагает снижение материалоемкости, уменьшение энерго- и трудозатрат при значительном увеличении прочностных показателей бетонов. В настоящее время на состав и способ приготовления добавки составляется патентная документация.

Выводы. В целях повышения прочностных характеристик дорожного бетона эффективно

применять армирующие волокна. Введение в бетонную смесь асбестовых микроволокон в количестве 0,5 % от массы цемента позволяет увеличить прочность на сжатие и на изгиб соответственно на 18 и 40 %. Для снижения водопотребления бетонной смеси, армированной микроволокнами, необходимо применять пластифицирующие добавки. Изучена новая добавка, полученная из отходов коксохимического производства, введение которой в смесь увеличивает прочность на сжатие и на изгиб соответственно на 64 и 75 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б а т р а к о в В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Стройиздат, 1998. – 768 с.
2. Г л ы б и н В.С. Технология дорожного цементобетона: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1972. – 271 с.
3. В о л ч е к И.З., В а л ю к о в Э.А. Экструзионный асбестоцемент. – М.: Стройиздат, 1989. – 184 с.
4. А ф и н о г е н о в О.П. Конструирование и расчет дорожных одежд. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2008. – 371 с.

© 2012 г. А.Н. Стеблюк
Поступила 16 мая 2012 г.

2012 г. В.Ф. Панова, С.А. Панов

Сибирский государственный индустриальный университет

МОДЕЛЬ РАБОТЫ С ТЕХНОГЕННЫМИ ПРОДУКТАМИ КАК СЫРЬЕМ ДЛЯ СТРОЙИНДУСТРИИ

В сырьевой базе стройиндустрии присутствуют и природное, и техногенное (промышленные отходы) сырье. Одним из основных направлений снижения материалоемкости в производстве строительных материалов является применение вторичных минеральных ресурсов (ВМР). В лаборатории «Строительные материалы» Сибирского государственного индустриального университета изучали различные техногенные продукты металлургии: шлаки черной и цветной металлургии, отходы литейного производства и газоочистки; отходы рудо- и углеобогащения; горелые породы; промышленные отходы энергетики; отходы горнодобывающей промышленности и другие.

К настоящему времени накоплен и обобщен опыт работы с техногенными продуктами для применения их в производстве строительных материалов и изделий [1 – 4].

Цель настоящей работы – предложить поэтапность исследования техногенных продуктов как сырья для стройиндустрии, рассмотреть методику их оценки как заполнителя и компонента вяжущего.

Вторичные минеральные ресурсы можно разделить по отраслевому признаку, но наиболее эффективные классификации для оценки ВМР как сырья – по агрегатному состоянию и по коэффициенту основности. Такое разделение дает возможность уже на первом этапе определить направленность применения ВМР в стройиндустрии.

Классификация по агрегатному состоянию:

– группа А – продукты, не утратившие природных свойств (карьерные остатки при добыче пород и хвосты обогащения руды и природного угля). Это природное сырье не претерпевает физико-химических изменений;

– группа Б – отходы, полученные в результате глубоких физико-химических и термических процессов. Это продукты, полученные при высоких температурах или из расплава при скоростном или медленном охлаждении, а также из растворов солей нерастворимых соединений. Эти продукты обладают скрытой активностью, энергией;

– группа В – продукты, образовавшиеся при длительном хранении в шлаконакопителях, продукты распада или самопроизвольного обжига, например, горелые породы.

Для установления пригодности применения промышленных отходов в производстве строительных материалов и изделий предлагается последовательность работы, показанная на рис. 1. Сначала необходимо оценить агрегатное состояние и объемы накопления техногенного продукта (этап 1), т.е. экономичность его изучения и последующего применения. Далее необходимо проверить экологичность: радиоактивность и токсичность (этап 2). Классификация материалов по радиоактивности осуществляется по ГОСТ 30108 – 94 «Материалы и изделия строительные. Определение эффективной удельной активности естественных радионуклидов», который регламентирует возможность использования сырья и область его применения в строительстве. К радиоактивным элементам отнесены Ra^{226} , Th^{232} и K^{40} . Суммарная эффективная удельная активность естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) определяется по формуле

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_K,$$

где A_{Ra} , A_{Th} и A_K – радиоактивность соответствующего элемента.

Для всех видов строительства применимы породы, для которых $A_{эфф} < 370$ Бк/кг.

Содержание токсичных веществ, выделяемых строительным сырьем в воздух, не должно превышать предельно допустимой концентрации (ПДК), указанной в гигиенических нормативах ГН 2.1.6.695 – 98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». К основным токсичным веществам относятся: оксиды MnO_2 , NO_2 , CO , SO_2 ; мышьяк, ртуть, свинец; пыль, сажа; сернистые соединения PbS , H_2S , H_2SO_4 , SO_2 , CS_2 ; фтор; фтористый и хлористый водород.

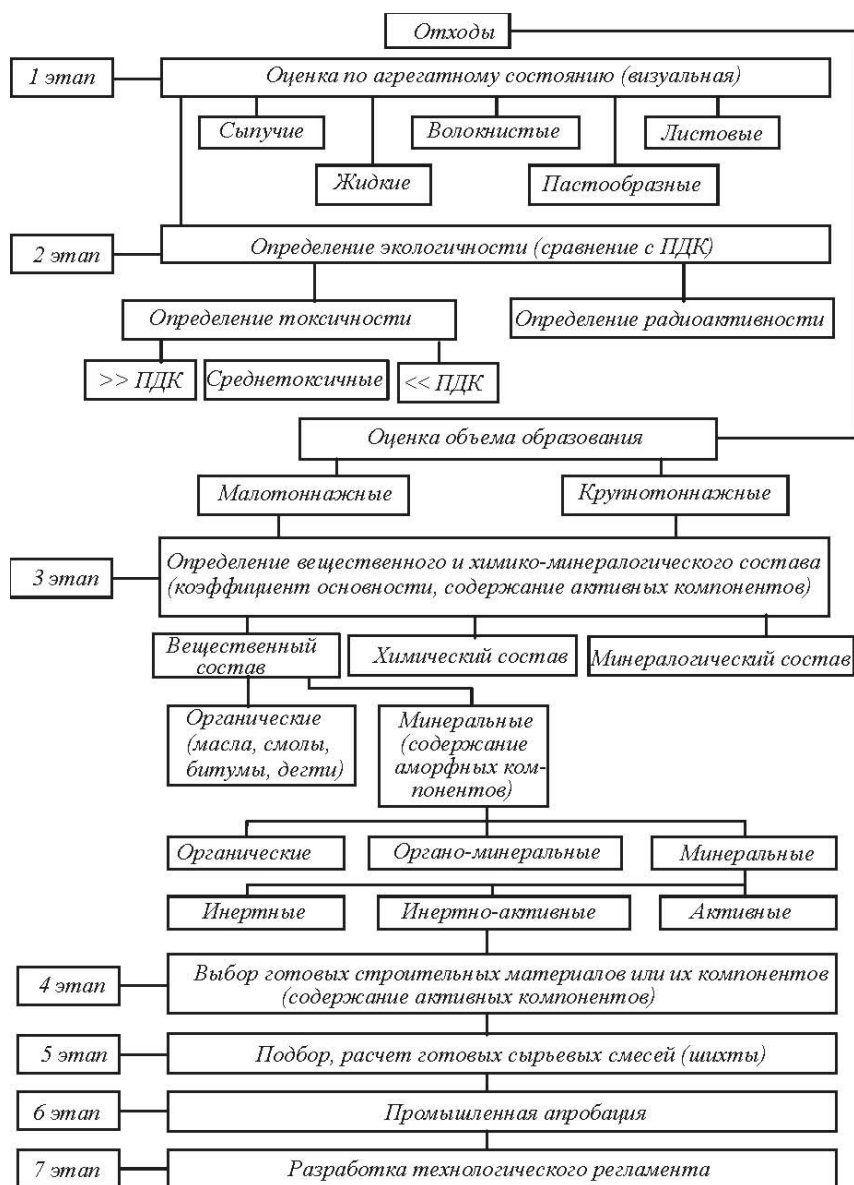


Рис. 1. Этапы исследования промышленных отходов

В случае соответствия показателей (радиоактивности, токсичности) изучаемых продуктов нормативам далее идет оценка вещественного и химико-минералогического состава сырья (этап 3). Зная химический состав, можно рассчитать коэффициент основности ($K_{осн}$) по следующей зависимости:

$$K_{осн} = \frac{(CaO + 0,93MgO + 0,6R_2O)}{0,93SiO_2} - \frac{(0,55Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,7SO_3)}{0,93SiO_2}, \quad (1)$$

где CaO, MgO, R₂O, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, SiO₂ – содержание соответствующего компонента, %.

В формуле (1) уменьшаемое в числителе показывает общее содержание щелочного компонента («условного» оксида кальция CaO), вычитаемое определяет количество ок-

сида кальция, связанного соответствующими оксидами. Разница между ними составляет количество оксида кальция, который при определенных условиях образует силикаты кальция; их количество зафиксировано в знаменателе.

Коэффициент основности позволяет предварительно оценить направление применения и активность продукта как компонента вяжущего (рис. 2).

Далее определяется возможность применения ВМР как готового сырьевого материала, не требующего подшихтовки (этап 4). Подбираются активизирующие добавки, разрабатываются составы шихты (этап 5). После экспериментальной лабораторной и промышленной апробации и получения положительных результатов (этап 6) разрабатывается и утверждается технологический регламент на изготовление строительных изделий (этап 7).

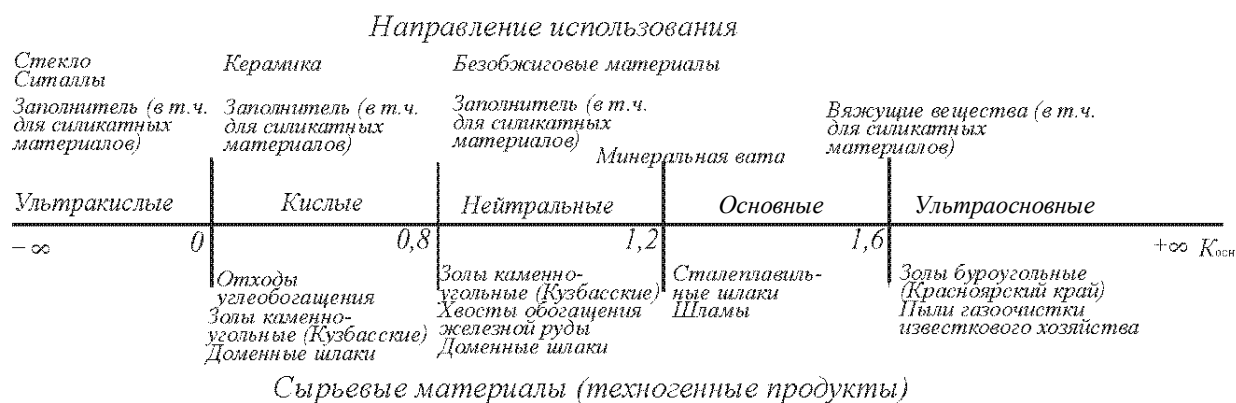


Рис. 2. Определение направления использования техногенных продуктов по коэффициенту основности

Для использования исследуемых отходов в качестве заполнителя необходимо их проверить на известковый, силикатный и металлический распад (рассыпание).

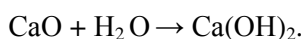
Известно, что с повышением содержания оксида кальция CaO в составе сырья оно склонно к известковому и силикатному распаду. Находящийся в сырье двухкальциевый силикат из неустойчивой формы (γ -CaO·SiO₂) при 675 °С переходит в стабильное состояние (β -2CaO·SiO₂), что сопровождается увеличением его объема на 10 %. В результате заполнитель растрескивается и рассыпается. Проверить стойкость промышленных продуктов к силикатному распаду можно по формулам:

$$SiO_{2_{min}} = \frac{100 - \sum RO}{2,5}; CaO_{max} = \frac{100 - \sum RO}{1,8},$$

где $\sum RO$ – сумма содержаний всех оксидов (за исключением содержаний CaO и SiO₂), %.

Техногенные продукты являются стойкими к распаду, если $SiO_{2_{min}} < SiO_{2_{факт}}$, а $CaO_{max} > CaO_{факт}$. Лабораторный способ проверки на силикатный распад – пропаривание пробы.

Известковый распад характерен для отходов с повышенным содержанием свободного оксида кальция, при гидратации которого увеличение его объема может достигать до 2,5 раз. Гидратация оксида кальция осуществляется по реакции



Лабораторный способ проверки на известковый распад – пропаривание и выдерживание в воде.

Металлический распад происходит вследствие гидратации сульфидов железа FeS, а также сернистых соединений металлов MnS, ZnS, MeS под влиянием атмосферной влаги.

В результате реакции $FeS + H_2O = Fe(OH)_2 + H_2S$ объем увеличивается на 38 %. Лабораторная проверка осуществляется путем выдерживания пробы в дистиллированной воде в течение 30 сут.

Пример расчета шихты цемента по коэффициенту основности

Для разработки бесклинкерного вяжущего предлагается использовать шихту, коэффициент основности которой находится в пределах 1,2 – 1,6. Выбирается два вида сырья: 1 – $K_{осн} < 1$, т.е. сырье с недостатком оксида кальция; 2 – $K_{осн} > 1$, т.е. сырье с некоторым избытком оксида кальция. задается необходимое значение $K_{осн} = n$. Для нахождения соотношения количества компонентов необходимо решить уравнение, в котором в числителе описан химический состав компонента с $K_{осн} > 1$, а в знаменателе – компонента с $K_{осн} < 1$:

$$\frac{[(CaO + 0,93MgO + 0,6R_2O) - (n \cdot 0,93SiO_2 + 0,55Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,7SO_3)]x}{[n \cdot 0,93SiO_2 + 0,55Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 + 0,7SO_3] - (CaO + 0,93MgO + 0,6R_2O)} = 1, \quad (2)$$

где n – заданное для шихты значение $K_{осн}$; x – количество массовых частей компонента с $K_{осн} > 1$ на одну весовую часть «кислого» ($K_{осн} < 1$) компонента.

Рассчитывается состав шихты в частях и далее в процентном соотношении.

Пример расчета состава шихты для получения вяжущего

В качестве основного компонента применяется доменный шлак. С целью получения цемента в качестве добавки используется известь.

Необходимо рассчитать (недостающее) содержание оксида кальция для получения шихты с заданным ($K_{\text{осн}} = 1,6$) коэффициентом основности из уравнения

$$1,6 = \frac{(\text{CaO} + 0,93 \cdot 6,55)}{(0,93 \cdot 38,07)} - \frac{(0,55 \cdot 10,36 + 0,35 \cdot 0,37)}{(0,93 \cdot 38,07)}$$

По расчету содержание оксида кальция составляет 56,4 %. Однако в доменном шлаке его содержание 42,01 % (см. таблицу). Значит, необходимо добавить оксид кальция (известь) в количестве $56,40 - 42,01 = 14,40$ % щелочного компонента.

Известь можно заменить пылью газоочистки ее производства.

Расчет количества известковой пыли как щелочного активизатора шлака

По формуле (2) необходимо рассчитать, какое количество щелочного компонента ($K_{\text{осн}} > 1$) нужно добавить в шлак ($K_{\text{осн}} < 1$) для повышения коэффициента основности смеси до 1,6. Таким образом,

$$\begin{aligned} & [(61,79 + 0,93 \cdot 1,21) - (1,6 \cdot 0,93 \cdot 1,21 + 0,55 \cdot 1,07 + \\ & + 0,35 \cdot 3,77)]x / [(1,6 \cdot 0,93 \cdot 38,07 + 0,55 \cdot 10,36 + \\ & + 0,35 \cdot 0,37) - (42,01 + 0,93 \cdot 6,55)] = 1; \\ & \frac{[(61,79 + 1,125) - (1,8 + 0,59 + 1,32)]x}{(56,65 + 5,7 + 0,13) - (42,01 + 6,09)} = 1; \\ & \frac{[62,92 - 3,71]x}{62,48 - 48,1} = 1; \quad x = 0,24. \end{aligned}$$

Установлено, что на одну часть доменного гранулированного шлака необходимо добавить 19,3 % (0,24 части) известкового компонента и 80,7 % шлака. Эти данные близки к результатам проведенного лабораторного опыта.

Проведем расчет количества сульфатного активизатора известково-шлакового вяжущего – гипсового камня (ГК) по формуле

$$\begin{aligned} \text{ГК} &= \frac{0,478 \cdot \sum \text{Al}_2\text{O}_3}{a_{\text{Г}}} \cdot 100 = \\ & \frac{0,478 \cdot 10,36}{80} \cdot 100 = 6 \%, \end{aligned}$$

где $\sum \text{Al}_2\text{O}_3$ – содержание алюминатов в компонентах с учетом их количества в шихте; $a_{\text{Г}}$ – содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в гипсовой породе (принято 80 %).

Подбор состава вяжущего осуществляли лабораторным путем на образцах размерами $4 \times 4 \times 16$ см при соотношении компонентов вяжущее : заполнитель 1:3 (по массе). В качестве заполнителя использовали песок из доменного гранулированного шлака фракции менее 5 мм с модулем крупности 3,35. Основной компонент вяжущего – доменный гранулированный шлак ОАО «НЗСМК»; добавки: отработанная формовочная смесь (ОФС) литейного цеха ОАО «НЗСМК» (x_2) как активизатор помола; пыль газоочистки известкового хозяйства ОАО «НЗСМК» (x_1); сульфатная добавка (x_3).

Для оптимизации состава бесклнкерного шлакового вяжущего применен метод математического планирования. После тепловлажностной обработки (подъема температуры в течение 3 ч, выдержки при температуре до 95 °С в течение 10 ч и охлаждения в течение 3 ч) образцы насыщались водой для определения открытой пористости. Затвердевшие образцы испытывали на прочность при сжатии и изгибе. Определяли водостойкость по коэффициенту размягчения, среднюю плотность и коэффициент конструктивного качества.

Полученные результаты приведены в виде графиков, где показаны уровни варьирования факторов и их экстремальные значения (рис. 3). Установлено, что оптимальный расход известковой пыли составляет 15 – 20 %, дальнейшее его увеличение несколько снижает прочность при сжатии, но прочность при изгибе увеличивается на 5 – 10 %; пористость при этом минимальна. Содержание ОФС в составе вяжущего меняется в пределах 3 – 6 %. Сульфатная добавка наиболее значимо влияет на рост прочности образца при сжатии и изгибе (оптимальное количество сульфатной добавки составляет 3 – 6 %). Установлено, что добавка известковой пыли и сульфатная добавка снижают открытую пористость (водопоглощение бетона снижается на 30 – 40 %). Коэффициент размягчения бетона находится в пределах 0,85 – 1,10, что свидетельствует о его водостойкости. Средняя плотность образцов составляет 1750 – 2000 кг/м³.

Установлен оптимальный состав шлакового вяжущего: 15 – 20 % известковой пыли; 3 – 6 % ОФС и сульфатной добавки; 71 – 79 % гранулированного шлака (по массе). На получение вяжущего разработан и утвержден технологический регламент.

Выводы. Разработана модель работы с вторичными минеральными ресурсами. Поэтапность работы с техногенными отходами как сырьем для стройиндустрии показана на примере анализа его применения как заполнителя. По известному химическому составу техногенного продукта можно рассчитать коэффициент основ-

Химический состав сырьевых материалов

Сырье	Содержание, %									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
Гранулированный доменный шлак	38,8	0,94	10,36	42,01	6,55	0,37	0,56	0,49	0,62	<0,3
Известковая пыль	3,95	0,05	1,07	61,79	1,21	3,77	0,10	0,30	0,03	–

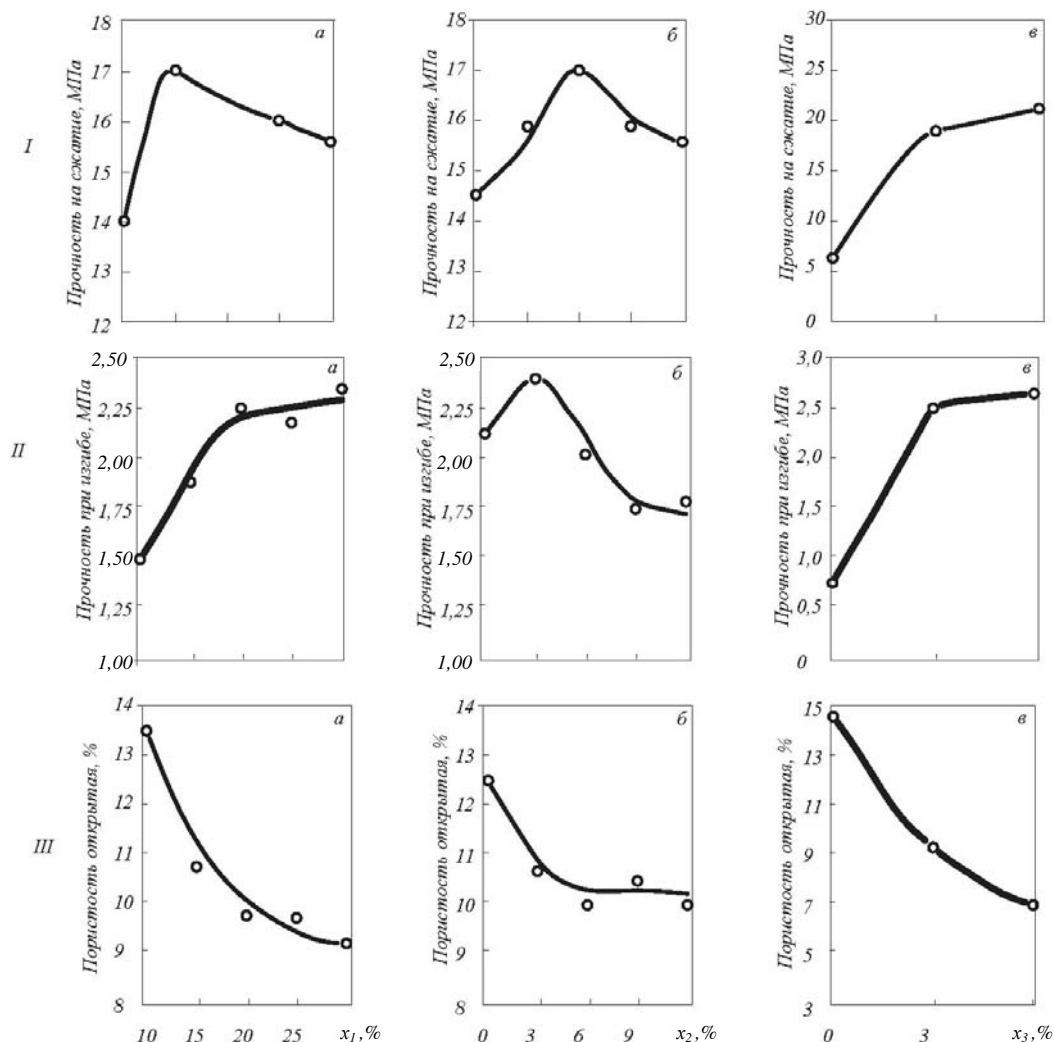


Рис. 3. Оптимизация по прочности вяжущего при сжатии (I) и при изгибе (II), а также состава вяжущего по открытой пористости (III) при использовании в качестве добавок: а – известковой пыли; б – ОФС; в – сульфатной добавки

ности и по нему предварительно определить направленность использования промышленных отходов. Для применения необходимы проверка в лаборатории, апробация на производстве, внедрение по разработанному технологическому регламенту.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Б о ж е н о в П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология: Учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ, 1994. – 29 с.
2. П а н о в а В.Ф. Строительные материалы на основе отходов промышленных предприятий Кузбасса. Учеб. пособ. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2005. – 182 с.
3. П а н о в С.А., П а н о в а В.Ф. Декоративные строительные материалы из отбеленного и активированного шлака. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. – 216 с.
4. П а н о в а В.Ф. Техногенные продукты как сырье для стройиндустрии. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. – 289 с.

© 2012 г. В.Ф. Панова, С.А. Панов
Поступила 16 мая 2012 г.

2012 г. И.А. Рыбенко, С.П. Мочалов, П.С. Мочалов, С.Н. Калашников

Сибирский государственный индустриальный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ СУСПЕНЗИОННОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ВИХРЕВОЙ ТОПКЕ*

В настоящее время накопление в отвалах тонкодисперсных нереализуемых отходов углеобогащения привело к развитию технологий водоугольного топлива. Необходимость сжигания обводненной угольной мелочи предполагает разработку водоугольных суспензий и методов их сжигания. Одним из перспективных направлений является технология сжигания суспензионного водоугольного топлива (ВУТ) в вихревой топке [1].

Для решения задач моделирования и оптимизации статических режимов сжигания суспензионного угольного топлива в вихревой топочной камере разработана методика, последовательность и взаимосвязь этапов которой представлены на рис. 1.

Методы термодинамического моделирования применяются для оценки условий протекания процесса, диапазонов изменения и состава фаз выходных потоков. Математическое описание взаимосвязей параметров потоков и процесса получено в результате вывода основных соотношений материального и теплового балансов. Третий этап необходим для решения задачи оптимизации по определению расходов материалов при заданном критерии оптимизации и ограничениях. Предусматривается сопоставление результатов моделирования каждого этапа с данными лабораторных экспериментов.

Термодинамический анализ системы необходим для определения области допустимых значений параметров при исследовании произвольных по химическому составу композиций. Расчеты, реализованные с использованием программного комплекса «TERRA», разработанного в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана [2], позволили оценить предельные равновесные концентрации компонентов газовой фазы для

настройки коэффициентов и параметров процесса при расчете материального и теплового балансов процесса горения водоугольного топлива. Уравнения материального баланса строили на основе закона сохранения масс относительно составляющих гетерогенной системы.

Основные принципы расчета материального баланса сводятся к следующему.

1. Общая масса конденсированного вещества R , поступающего в агрегат с входным потоком в единицу времени, определяется из соотношения

$$G_{\{R\}}^{\text{BX}} = \sum_{m=1}^{N_f} \frac{G^f / R_m}{100},$$

где G^f – расход конденсированного входного потока, кг/ч; N_f – количество веществ в потоке; R_m – содержание вещества R_m в конденсированном потоке, %.

2. Масса газообразного вещества R , поступающего в агрегат в единицу времени, также определяется с учетом его содержания в газообразном входном потоке:

$$G_{\{R\}}^{\text{BX}} = \sum_{m=1}^{N_r} \frac{G^r \{R_m\}}{100},$$

где G^r – расход газообразного входного потока, кг/ч; N_r – количество веществ в потоке; $\{R_m\}$ – содержание вещества R_m в газообразном входном потоке, %.

В соответствии с приведенными выше формулами рассчитываются массы веществ, поступающих в агрегат с входными потоками в единицу времени.

3. Все компоненты неорганической части топлива не участвуют в процессе горения и составляют оксидную фазу.

4. Выход золы будет определяться массами всех оксидов зольной части, поступающих в печь в единицу времени.

5. Состав отходящих газов рассчитывается исходя из условий протекания реакций окисле-

*Работа выполнялась в соответствии с реализацией Минобрнаукой России комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка технологии и создание пилотного образца автоматизированного энергогенерирующего комплекса, работающего на отходах углеобогащения», шифр 2010-218-02-174.

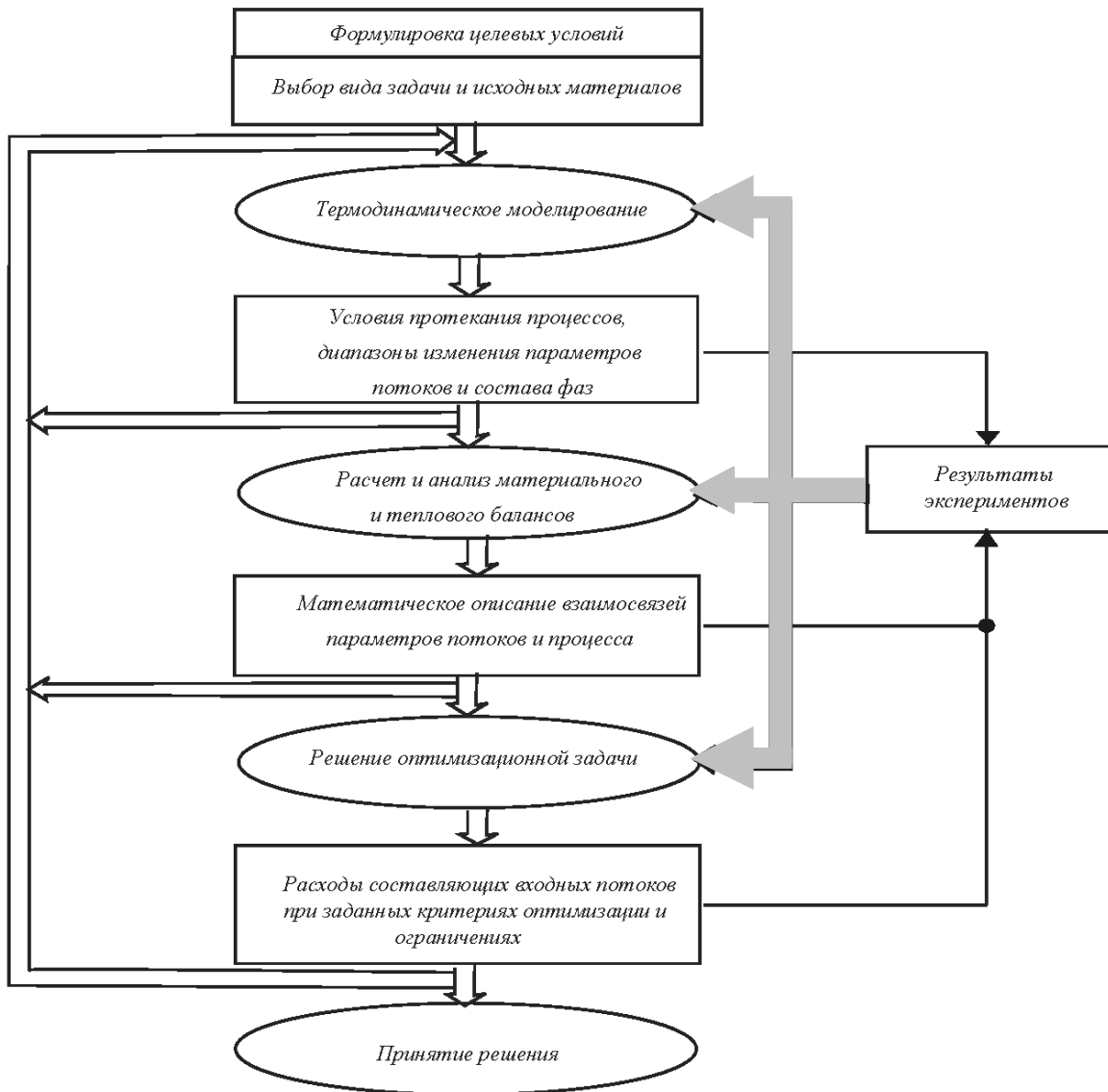


Рис. 1. Методика моделирования и оптимизации стационарных режимов горения ВУТ

ния органического углерода, выделения и горения летучих и испарения влаги.

При выводе уравнений теплового баланса принято, что основными определяющими процессами для теплового состояния являются: химические реакции горения летучих и органического углерода с соответствующими тепловыми эффектами, затраты на нагрев золы и газа, испарение влаги и теплообмен с окружающей средой. Уравнения теплового баланса строили на основе закона сохранения энергии $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$.

Расчет балансов реализован в среде EXCEL с использованием встроенного оптимизатора для определения оптимального расхода воздуха на горение и расчета полученной температуры.

С использованием разработанной методики и системы расчета статических режимов горения ВУТ реализована динамическая математическая модель физико-химических процессов в

вихревой топке при сжигании водоугольного топлива.

При построении модели топочная камера и процесс горения рассматривались в следующем приближении. В топку подаются два входных потока: с первым поступает суспензионное угольное топливо, состоящее из органической части, золы, влаги и летучих компонентов; со вторым поступает воздух; гетерогенная смесь в топочном пространстве состоит из двух фаз: конденсированной и газовой.

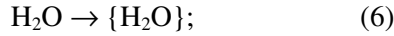
Физико-химические процессы, протекающие при горении суспензионного водоугольного топлива, можно представить в виде следующих реакций:

выделения летучих

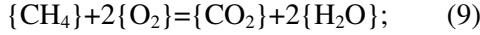
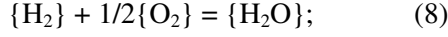
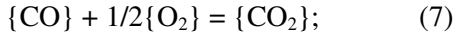




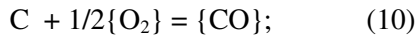
испарения влаги



горения летучих



горения органического углерода



взаимодействия углерода с водяным паром



При формировании дифференциальных уравнений динамики изменения состава газовой фазы в топочной камере принято, что изменение объемной концентрации i -го вещества внутри топочного пространства определяется скоростью поступления данного вещества в агрегат, изменением концентрации внутри объема в результате протекания химических реакций и скоростью отвода вещества из топки с отходящими газами:

$$\frac{dn_i^{06}}{d\tau} = \dot{n}_i^{\text{BX}} / V - \sum_{j=1}^K W_j - v_{\text{газа}} \cdot \dot{n}_i^{06} / V,$$

где n_i^{06} – объемная концентрация i -го вещества внутри топочной камеры, моль/м³; \dot{n}_i^{BX} – приход i -го вещества с входным потоком, моль/с; V – объем топочной камеры, м³;

$\sum_{j=1}^K W_j$ – суммарная скорость всех химических превращений i -го вещества в единице объема, моль/(м³·с); K – количество химических реакций с участием i -го вещества; $v_{\text{газа}}$ – объемная скорость выходного газового потока, м³/с.

Изменение концентраций веществ в объеме топки в единицу времени в результате химических превращений определяется разностью скоростей образования и расходования этих веществ в результате протекания всех химических реакций (1) – (11):

$$\frac{dn_{\text{H}_2\text{O}}}{d\tau} = -W_6; \quad \frac{dn_{\{\text{CO}\}}}{d\tau} = W_1 + W_{10} - W_7 + W_{11};$$

$$\frac{dn_{\{\text{H}_2\}}}{d\tau} = W_4 - W_8 + W_{11}; \quad \frac{dn_{\{\text{CH}_4\}}}{d\tau} = W_3 - W_9;$$

$$\frac{dn_{\{\text{CO}_2\}}}{d\tau} = W_2 + W_7 + W_9;$$

$$\frac{dn_{\{\text{H}_2\text{O}\}}}{d\tau} = W_6 + W_8 + 2W_9 - W_{11};$$

$$\frac{dn_{\{\text{N}_2\}}}{d\tau} = W_5; \quad \frac{dn_{\text{C}}}{d\tau} = -W_{10} - W_{11};$$

$$\frac{dn_{\{\text{O}_2\}}}{d\tau} = -0,5W_7 - 0,5W_8 - 2W_9 - 0,5W_{10};$$

здесь $W_1 - W_{11}$ – скорости химических реакций (1) – (11).

Для произвольной реакции $\nu_A A + \nu_B B = \nu_C C + \nu_D D$ скорость равна [3]:

$$W = kn_A^{\nu_A} n_B^{\nu_B},$$

где ν_A, ν_B – стехиометрические коэффициенты; n_A, n_B – объемные концентрации реагирующих веществ, моль/м³; k – константа скорости химической реакции, с⁻¹, определяемая как

$$k = k_0 e^{-E_0/RT};$$

здесь k_0 – коэффициент, зависящий только от природы реагирующих веществ, с⁻¹; E_0 – энергия активации для реакции, кДж/моль; R – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль·К); T – температура, К.

Обозначив константы скоростей реакций (1) – (11) через k_1, \dots, k_{11} соответственно, получаем систему дифференциальных уравнений изменения состава газовой фазы во времени внутри топочной камеры в результате сжигания суспензионного водоугольного топлива:

$$\frac{dn_{\text{H}_2\text{O}}^{06}}{d\tau} = \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{BX}} / V - k_{\text{rot}} k_6 \dot{n}_{\{\text{H}_2\text{O}\}}^{06};$$

$$\frac{dn_{\{\text{CO}\}}^{06}}{d\tau} = \dot{n}_{\{\text{CO}\}}^{\text{BX}} / V - v_{\text{газа}} \cdot \dot{n}_{\{\text{CO}\}}^{06} / V + k_{\text{rot}} (k_1 \dot{n}_{\{\text{CO}\}}^{\text{net}} - k_7 \dot{n}_{\{\text{CO}\}}^{06} \dot{n}_{\{\text{O}_2\}}^{0,5\text{O}_6} + k_{10} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\{\text{O}_2\}}^{0,5\text{O}_6} + k_{11} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\{\text{H}_2\text{O}\}}^{06});$$

$$\frac{dn_{\{\text{CO}_2\}}^{06}}{d\tau} = \dot{n}_{\{\text{CO}_2\}}^{\text{BX}} / V - v_{\text{газа}} \cdot \dot{n}_{\{\text{CO}_2\}}^{06} / V + k_{\text{rot}} (k_2 \dot{n}_{\{\text{CO}_2\}}^{\text{net}} - k_7 \dot{n}_{\{\text{CO}_2\}}^{06} \dot{n}_{\{\text{O}_2\}}^{0,5\text{O}_6} + k_9 \dot{n}_{\{\text{CH}_4\}}^{06} \dot{n}_{\{\text{O}_2\}}^{2\text{O}_6});$$

$$\frac{dn_{\{\text{H}_2\}}^{06}}{d\tau} = \dot{n}_{\{\text{H}_2\}}^{\text{BX}} / V - v_{\text{газа}} \cdot \dot{n}_{\{\text{H}_2\}}^{06} / V +$$

$$+ k_{\text{rot}} (k_4 \dot{n}_{\{\text{H}_2\}}^{\text{net}} - k_8 \dot{n}_{\{\text{H}_2\}}^{06} \dot{n}_{\{\text{O}_2\}}^{0,5\text{O}_6} + k_{11} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\{\text{H}_2\text{O}\}}^{06});$$

$$\frac{dn_{\{\text{H}_2\text{O}\}}^{06}}{d\tau} = -v_{\text{газа}} \dot{n}_{\{\text{H}_2\text{O}\}}^{06} / V + k_{\text{rot}} (-k_5 \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{06} +$$

$$\begin{aligned}
 &+ 2k_9 \dot{n}_{\text{CH}_4}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{206} + k_8 \dot{n}_{\text{H}_2}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{0,506} - k_{11} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{06} \Big); \\
 \frac{dn_{\text{CH}_4}^{06}}{d\tau} &= \dot{n}_{\text{CH}_4}^{\text{BX}} / V + k_{\text{rot}} (k_3 \dot{n}_{\text{CH}_4}^{06} - k_9 \dot{n}_{\text{CH}_4}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{206} \Big); \\
 \frac{dn_{\text{C}}^{06}}{d\tau} &= \dot{n}_{\text{C}}^{\text{BX}} / V + k_{\text{rot}} (-k_{10} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{0,506} - k_{11} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\text{H}_2\text{O}}^{06} \Big); \\
 \frac{dn_{\text{O}_2}^{06}}{d\tau} &= \dot{n}_{\text{O}_2}^{\text{BX}} / V - v_{\text{газа}} \dot{n}_{\text{O}_2}^{06} / V + \\
 &+ k_{\text{rot}} (-0,5k_6 \dot{n}_{\text{CO}}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{0,506} - 0,5k_7 \dot{n}_{\text{H}_2}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{0,506} - \\
 &- 2k_9 \dot{n}_{\text{CH}_4}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{206} - 0,5k_{10} \dot{n}_{\text{C}}^{06} \dot{n}_{\text{O}_2}^{0,506} \Big); \\
 \frac{dn_{\text{N}_2}^{06}}{d\tau} &= \dot{n}_{\text{N}_2}^{\text{BX}} / V + k_{\text{rot}} (k_5 \dot{n}_{\text{N}_2}^{06}) - v_{\text{газа}} \dot{n}_{\text{N}_2}^{06} / V; \\
 \frac{dG_{\text{зола}}}{d\tau} &= \dot{G}_{\text{зола}}^{\text{BX}} / V - v_{\text{газа}} m \dot{G}_{\text{зола}},
 \end{aligned}$$

где k_{rot} – коэффициент, учитывающий вихревую составляющую в процессе горения топлива; $G_{\text{зола}}$ – масса золы.

Уравнение теплового баланса процесса горения суспензионного водоугольного топлива имеет вид

$$\begin{aligned}
 \frac{dQ}{dt} &= -\Delta H_6 k_6 n_{\text{H}_2\text{O}}^{06} - \Delta H_7 k_7 n_{\text{CO}}^{06} - \\
 &- \Delta H_8 k_8 n_{\text{H}_2}^{06} - \Delta H_9 k_9 n_{\text{CH}_4}^{06} - \\
 &- \Delta H_{10} k_{10} n_{\text{C}}^{06} - \Delta H_{11} k_{11} n_{\text{C}}^{06} - \dot{Q}_{\text{пот}} - \dot{Q}_{\text{газа}},
 \end{aligned}$$

где $\Delta H_6 - \Delta H_{11}$ – тепловые эффекты химических реакций (6) – (11), кДж/моль; $\dot{Q}_{\text{пот}}$ – потери тепла в окружающую среду, кДж/с; $\dot{Q}_{\text{газа}}$ – теплосодержание выходного потока, кДж/с.

Левая часть уравнения теплового баланса представляет собой скорость ассимиляции тепла в вихревой топке, правая часть включает суммарное поглощение (выделение) тепла при протекании всех химических реакций, связанных с превращением веществ, потерь тепла в окружающую среду, скорость и потери тепла с отходящими газами.

Теплосодержание выходного потока определили следующим образом:

$$\dot{Q}_{\text{газа}} = v_{\text{газа}} \rho_{\text{газа}} C_p^{\text{ВВХ}} (t - t_0).$$

Тогда уравнение теплового баланса имеет вид

$$\begin{aligned}
 \frac{dt}{d\tau} &= -k_t t + (-\Delta H_6 k_6 n_{\text{H}_2\text{O}}^{06} - \Delta H_7 k_7 n_{\text{CO}}^{06} - \\
 &- \Delta H_8 k_8 n_{\text{H}_2}^{06} - \Delta H_9 k_9 n_{\text{CH}_4}^{06} - \Delta H_{10} k_{10} n_{\text{C}}^{06} -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &- \Delta H_{11} k_{11} n_{\text{C}}^{06} - \dot{Q}_{\text{пот}} - v_{\text{газа}} \rho_{\text{газа}} C_{p\text{газа}} (t - t_0) \\
 &v_{\text{газа}} \rho_{\text{газа}} C_{p\text{газа}} (t - t_0) / \rho_{\text{ВХ}} V C_{p\text{ВХ}},
 \end{aligned}$$

где $\rho_{\text{газа}}$ и $\rho_{\text{ВХ}}$ – плотности отходящего газа и входного потока, кг/м³; $C_{p\text{газа}}$ и $C_{p\text{ВХ}}$ – теплоемкости отходящего газа и входного потока, кДж/(моль·К); k_t – коэффициент, учитывающий инерционность теплообмена внутри вихревой топки, с⁻¹.

Представленная математическая модель может быть использована при разработке режимов сжигания и создания систем управления автоматизированными энергогенерирующими комплексами.

С применением методики и системы расчета с целью исследования и оптимизации режимов горения ВУТ для стационарного режима были рассчитаны параметры процесса горения суспензионного угольного топлива при различном расходе воздуха для базового расхода ВУТ 90 кг/ч (75 л/ч) при зольности 32,3 % и влажности 39,2 %. Расход воздуха меняли в пределах от 283 до 617 м³/ч. Результаты расчетов представлены на рис. 2, из которого следу-

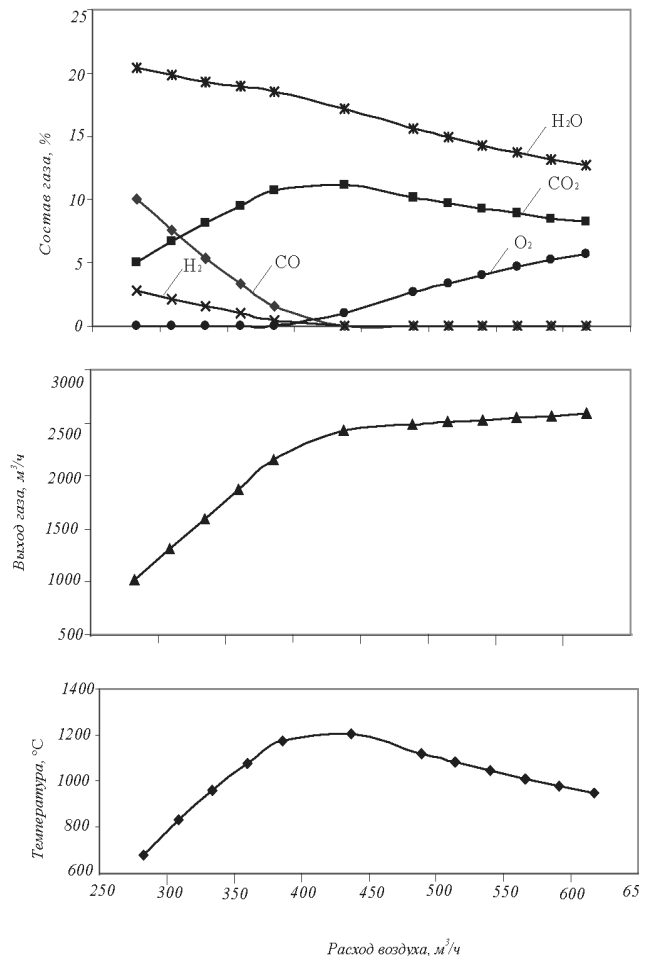


Рис. 2. Зависимости параметров процесса горения ВУТ от расхода воздуха

ет, что при увеличении расхода воздуха с 283 до 437 м³/ч в газовой фазе остается СО, температура увеличивается с 676 до 1205 °С, дальнейшее увеличение расхода воздуха приводит к полному дожиганию СО, в газовой фазе начинает появляться кислород, температура отходящих газов падает до 947 °С.

Выводы. С использованием разработанной методики и системы расчета статических режимов горения суспензионного водоугольного топлива реализована динамическая математическая модель физико-химических процессов в вихревой топке при сжигании такого топлива. Модель может использоваться при разработке режимов сжигания и создания систем управления автоматизированными энергогенерирующими комплексами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. З а б р о д и н А.Г. Перспективы применения водотопливных эмульсий и устройство для обеспечения их сжигания // Современные технологии в машиностроении: Сб. статей XIII междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: изд. ПДЗ, 2009. С. 202.
2. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов / Г.В. Синярев, Н.А. Ватолин, Б.Г. Трусов, Г.К. Моисеев. – М.: Наука, 1982. – 263 с.
3. Основы практической теории горения / Под ред. В.В. Померанцева. – Л: Энергия, 1973. – 264 с.

© 2012 г. *И.А. Рыбенко, С.П. Мочалов, П.С. Мочалов, С.Н. Калашников*
Поступила 11 мая 2012 г.

2012 г. Л.Р. Ланге, В.Д. Дордин

Сибирский государственный индустриальный университет

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД НА ЛЕВОБЕРЕЖНОМ ВОДОЗАБОРЕ Г. НОВОКУЗНЕЦКА

При получении питьевой воды на станциях очистки, забираемой из поверхностных источников, образуется значительное количество загрязненных вод от продувки горизонтальных отстойников или осветлителей со слоем взвешенного осадка и промывки скорых фильтров. Эти воды имеют высокие показатели по взвешенным веществам, цветности, алюминию и другим ингредиентам.

Обработка промывных вод и осадков водопроводных станций, их утилизация и предотвращение экологического ущерба является актуальной задачей, решение которой для многих водопроводных станций представляет серьезную проблему.

Левобережная станция водоподготовки г. Новокузнецка представлена в виде восьми осветлителей со слоем взвешенного осадка конструкции Васильченко с поддонным осадкоуплотнителем и шести скорых фильтров с загрузкой из горелых пород. Максимальная производительность сооружений 30 тыс. м³/сут. Источником водоснабжения является река Томь. В состав сооружений также входит инфильтрационная галерея с системой искусственного пополнения из двух предварительных отстойников-заводнителей и четырех инфильтрационных бассейнов. Для заводнения бассейнов используется речная вода.

Основными промывными водами станции являются: осадок из осветлителей (концентрация твердой фазы до 85 г/л), промывные воды скорых фильтров (содержание взвешенных веществ 50 – 150 мг/л).

В настоящее время все промывные воды, в том числе и осадок из осветлителей, отводятся в водный объект ниже водозабора. Для водоканала это оборачивается экологическими платежами в размере 33 млн. руб в год. В связи с ужесточающимися требованиями природоохранных органов сооружения повторного использования промывных вод экономически и экологически обоснованы.

Исследования промывных вод на Левобережной станции г. Новокузнецка проводятся с

2000 г. Были проведены исследования по осаждаемости повторнозагрязненных вод. Как видно из кривой выпадения взвеси (рис. 1), скорость осаждения в первый час отстаивания составляет 0,33 м/ч для промывной воды фильтров и 0,007 м/ч для осадка из осветлителей. Для увеличения скорости осаждения осадка рассмотрен вариант смешения этого осадка с промывными водами фильтров в разных соотношениях. Максимальная скорость осаждения получена при соотношении промывных и шламовых вод 2:1 и составляет 0,26 м/ч,

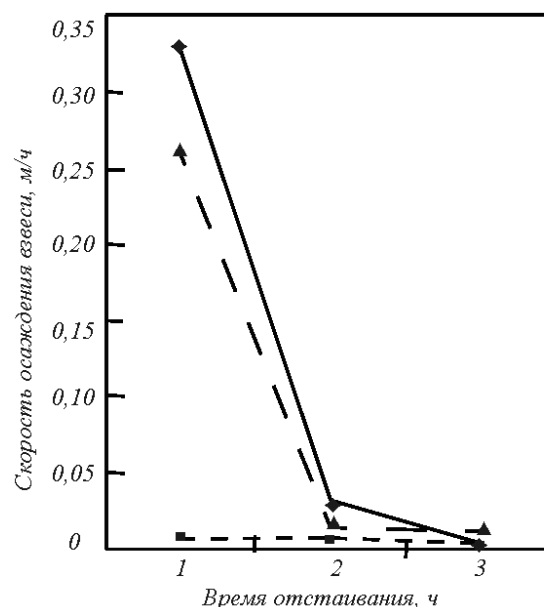


Рис. 1. Исследование скорости осаждения промывных вод станции:

—◆— промывная вода фильтров; —■— шламовая вода (осадок) из осветлителей; —▲— смесь промывных и шламовых вод в пропорции 2:1 соответственно

Скорость осаждения взвеси, м/ч, при времени отстаивания, ч		
1	2	3
<i>Промывная вода фильтров</i>		
0,33	0,03	0,003
<i>Шламовая вода (осадок) из осветлителей</i>		
0,007	0,007	0,0035
<i>Смесь промывных и шламовых вод в пропорции 2:1 соответственно</i>		
0,263	0,014	0,012

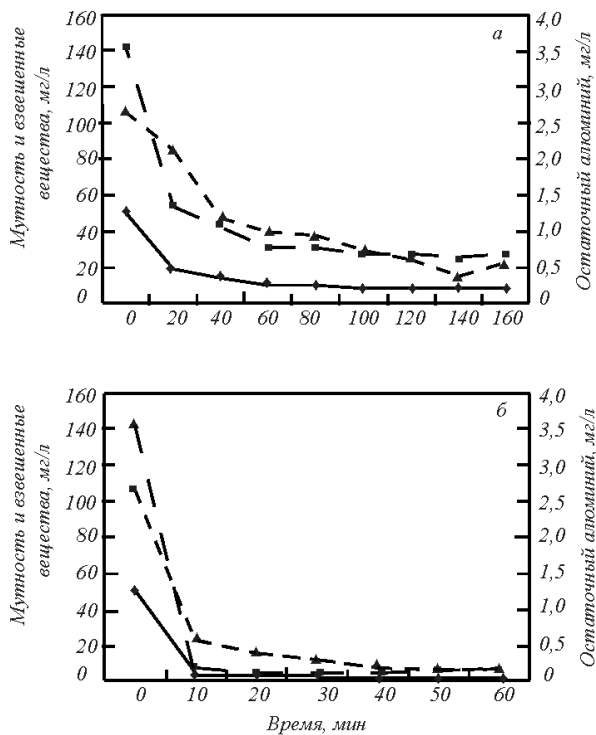


Рис. 2. Графики отстаивания усредненной пробы промывной воды фильтров:
 а – без добавления реагентов; б – с добавлением флокулянта «Праестол» дозой 0,3 мг/л; —◆— — мутность;
 —■— — взвешенные вещества; —▲— —остаточный алюминий

т.е. при разбавлении высокомутного осадка осветлителей среднемутными промывными водами фильтров скорость его осаждения многократно возрастает и сопоставима со скоростью осаждения промывных вод.

Проведены исследования по отстаиванию промывных вод фильтров без использования реагента и с реагентом «Праестол» с оптимальной дозой (рис. 2). На основании результатов проведенных исследований предлагается схема повторного использования промывных вод с последовательным ее внедрением на станции в четыре этапа (рис. 3).

Этап 1 – совместная обработка промывных вод фильтров и осадка из осветлителей в резервуарах-отстойниках периодического действия. Осветленная вода перекачивается на заводнение в существующие предварительные отстойники. Подача осветленной воды для искусственного пополнения инфильтрационной галереи сокращает объемы речной воды. Осадок удаляется в канализацию вместе с хозяйственно-бытовым стоком станции. Такая схема позволяет ликвидировать сброс технологических стоков в водоем с минимальными капитальными затратами. Стоит отметить, что подача осветленной воды на заводнение не является экономически выгодной, так как стоимость речной воды для этих целей гораздо ниже. Высокие показатели осветленной воды

Для позиции а									
Время, мин									
0	20	40	60	80	100	120	140	160	
<i>Мутность вещества, мг/л</i>									
50,2	19,0	14,5	10,8	10,1	8,3	8,0	7,69	8,7	
<i>Взвешенные вещества, мг/л</i>									
143,0	54,0	44,0	29,5	30,0	27,0	27,0	25,5	27,0	
<i>Остаточный алюминий, мг/л</i>									
2,68	2,12	1,18	0,99	0,93	0,72	0,61	0,37	0,57	

Для позиции б							
Время, мин							
0	10	20	30	40	50	60	
<i>Мутность вещества, мг/л</i>							
50,2	3,33	2,51	1,80	1,50	1,19	1,23	
<i>Взвешенные вещества, мг/л</i>							
143,0	7,5	4,0	4,5	5,0	5,0	5,5	
<i>Остаточный алюминий, мг/л</i>							
2,68	0,57	0,38	0,28	0,18	0,13	0,16	

(взвешенные вещества, остаточный алюминий) не позволяют применять ее для иных целей.

Этап 2 – разделение осадков на два потока в зависимости от их загрязненности. Как было сказано выше, осадок из осветлителей практически не отстаивается. Смешивание его с более чистыми промывными водами уменьшает скорость осаждения промывных вод, поэтому осадок из осветлителей предлагается усреднять в грязевике и равномерно перекачивать в хозяйственно-фекальную канализацию. Промывные воды фильтров вместе с другими стоками проходят безреагентное отстаивание в ранее построенном резервуаре-отстойнике 1. По сравнению с предыдущей по этой схеме улучшается процесс отстаивания и повышается качество осветленной воды.

Этап 3 – для возврата осветленной воды в цикл водоподготовки схема дополняется очистными сооружениями промывных вод фильтров. Усредненная промывная вода проходит отстаивание в вертикальных отстойниках с тонкослойными модулями и встроенной гидравлической камерой хлопьеобразования. Для интенсификации процесса вводится флокулянт дозой 0,3 мг/л, при этом мутность осветленной воды составляет 1,2 – 2,0 мг/л. Очищенная промывная вода подается в промывной бак и используется для промывки скорых фильтров. Осадок из отстойников сбрасывается в канали-

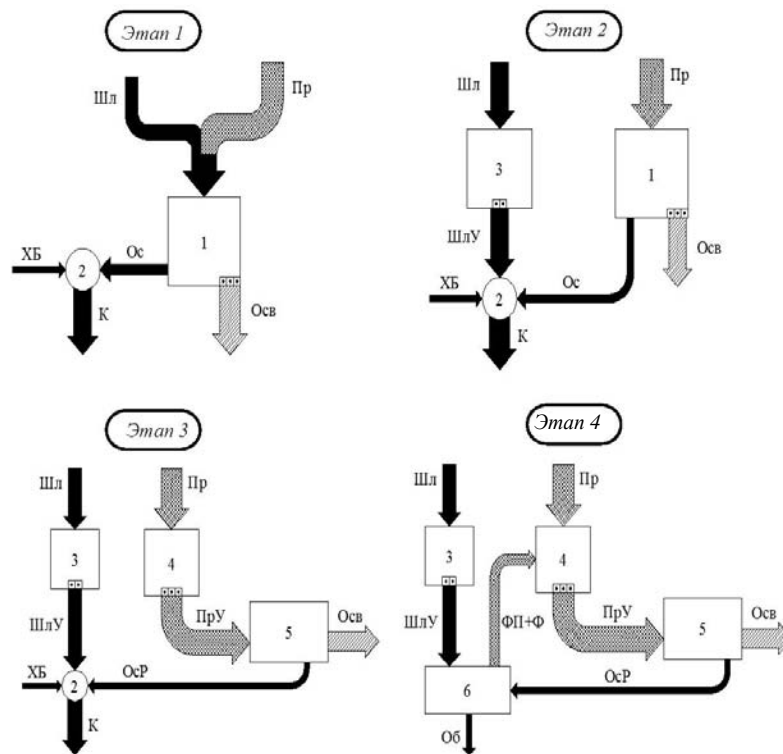


Рис. 3. Схемы повторного использования промывных вод станции:

1 – резервуар-отстойник промывных вод; 2 – канализационная насосная станция; 3 – грязевик; 4 – резервуар-усреднитель промывных вод фильтров; 5 – очистные сооружения промывных вод; 6 – цех механического обезвоживания; Шл – осадок из осветлителей (шлам); ШЛУ – усредненный шлам; Пр – промывные воды фильтров; ПрУ – усредненные промывные воды фильтров; Ос – осадок из резервуара-отстойника; Осв – осветленная вода; ХБ – хозяйственно-бытовой сток; К – общий канализационный сток; ОсР – осадок из вертикальных отстойников промывных вод; Об – обезвоженный осадок; ФП – промывная вода от фильтр-прессов; Ф – фильтрат

зацию. Эта схема является наиболее технологичной и экономически обоснована.

Этап 4 – предусматривается внедрение механического обезвоживания шлама из осветлителей и осадка из отстойников промывной воды на ленточных фильтр-прессах. Фильтрат и промывная вода от фильтр-прессов проходят обработку вместе с промывными водами фильтров. Такая схема предотвращает сброс осадка на городские сооружения. Осадок, обезвоженный на фильтр-прессах до влажности 65 – 70 %, может найти применение во многих отраслях промышленности. Однако строительство цеха механического обезвоживания должно быть экономически обосновано,

так как предполагает высокие капитальные и эксплуатационные затраты. Первые связаны со строительством нового здания и закупкой дорогостоящего оборудования, вторые – со значительным расходом флокулянта, который применяется для снижения удельного сопротивления фильтрации осадка.

Выводы. Предложена схема повторного использования промывных вод с поэтапным внедрением на Левобережном водозаборе г. Новокузнецка.

© 2012 г. Л.Р. Ланге, В.Д. Дордин
Поступила 17 мая 2012 г.

2012 г. В.А. Быстров, Н.Ю. Грекова, О.Г. Трегубова

Сибирский государственный индустриальный университет

ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫМ ПРОЦЕССОМ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НОВЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Рассматриваемая ниже задача формирования рациональных программ управления инновационными потоками при внедрении электрошлаковых процессов (ЭШП) упрочнения быстроизнашивающихся деталей металлургического оборудования новыми композиционными материалами (КМ) состоит в поиске решения, всякий раз наиболее типичного для данной совокупности условий повышения срока службы оборудования, а следовательно, производительности основных агрегатов. При этом требуется выделять только те методы управления, которые полнее всех соответствуют данной конкретной ситуации снижения издержек производства и повышения качества продукции, способствующих инновационной активности предприятия и его конкурентоспособности [1, 2].

В процессе инновационной деятельности современное металлургическое предприятие может повысить эффективность работы, лишь четко ориентируясь на производственный процесс и руководствуясь полным учетом воздействия факторов внешней и внутренней среды. Для этого необходима подробная классификация инноваций, их свойств и возможных путей разработки и применения наиболее перспективных технических решений. Наиболее характерными показателями нововведений являются такие, как абсолютная и относительная новизна, приоритетность и прогрессивность, конкурентоспособность, адаптивность к новым условиям хозяйствования, способность к модернизации, а также показатели экономической эффективности, экологической безопасности.

Значения этих показателей новшества характеризуют технико-организационный уровень нововведения и его конкурентоспособность. Их значимость определяется степенью влияния на конечные результаты деятельности предприятия: себестоимость продукции, ее качество, объем продаж, прибыль, уровень рентабельности хозяйственной деятельности. Показатели технического уровня новшества

определяют технический уровень производства в целом. Для принципиально новых видов продукции, технологии и услуг особенно важен показатель их патентной и лицензионной чистоты и защиты, ибо они являются не только интеллектуальными продуктами первого рода, т.е. обладают приоритетностью, абсолютной новизной, но и являются оригинальным образцом, на основании которого тиражированием получают новшества-имитации, копии, или интеллектуальный продукт второго рода. Интеллектуальный продукт защищается правом собственности. Вот почему предприятию для развития инновационной деятельности необходимо наличие патентов, лицензий, изобретений и ноу-хау [1, 2] (рис. 1).

В современных условиях производительная работа всего металлургического цикла зависит от надежности быстроизнашивающихся деталей и узлов, лимитирующих производительность крупных металлургических агрегатов. Многие детали металлургического оборудования работают в тяжелых условиях высокотемпературного абразивного износа. К их числу можно отнести детали агломерационных машин, детали засыпного устройства доменных печей; валки прокатных станов горячего металла и многие другие. Диапазон рабочих температур перечисленных деталей весьма широк. Так, например, детали дробильного агломерационного оборудования, соприкасаясь с раскаленным агломератом, температура которого в центре аглоспека достигает 1100 °С, могут нагреваться до 800 °С. Эксплуатационные и экономические показатели работы металлургических агрегатов во многом зависят от способности деталей сопротивляться воздействию высокотемпературного абразивного износа [3, 5].

Улучшение физических свойств агломерата и стабилизация его гранулометрического состава могут обеспечить ровный, стабильный ход доменных печей, полноту протекания металлургических процессов, увеличить выплавку чугуна на 9 – 11 %, снизить удельный рас-

ход кокса на 6 – 9 %, улучшить качество чугуна. Каждый процент мелочи в железорудной части доменной шихты снижает производительность доменной печи на 0,6 – 0,8 % и повышает расход кокса на 0,4 – 0,7 %. Содержание мелочи в скиповом агломерате не должно превышать 1 – 2 %. В начальный период работы дробильного органа агломашины обычно удается достигнуть таких показателей, но по мере износа бил роторных дробилок стабильность гранулометрического состава агломерата ухудшается, при этом увеличивается до 45 % выход мелочи, что требует соответствующих затрат на переработку агломерата [3].

Срок службы деталей засыпных устройств доменной печи (ЗУДП) на металлургических комбинатах России колеблется в широких пределах от 8 до 18 месяцев. Затраты на замену ЗУДП, в зависимости от мощности доменной печи, составляют от 2 до 6 млн. руб. Длитель-

ность замены ЗУДП доходит до 72 ч. Следовательно, по этой причине на каждой доменной печи ежегодно теряется более 1 млн. руб [2, 3].

Одной из важнейших мер, способствующих увеличению выпуска проката, улучшению качества металлопродукции и снижению расходов по переделу, является повышение стойкости прокатных валков – основного рабочего инструмента прокатных станов. Статистические данные, полученные как в нашей стране, так и за рубежом, достаточно красноречивы: 6 % всей стоимости прокатного стана составляет стоимость прокатных валков; 20 – 25 % времени работы стана уходит на перевалки валков; в общих расходах по переделу затраты на валки по стану горячей прокатки составляют примерно 15 – 17 % [3, 5 – 7].

Для повышения надежности и долговечности дробящих органов агломерата, засыпных устройств доменной печи и валков прокатных

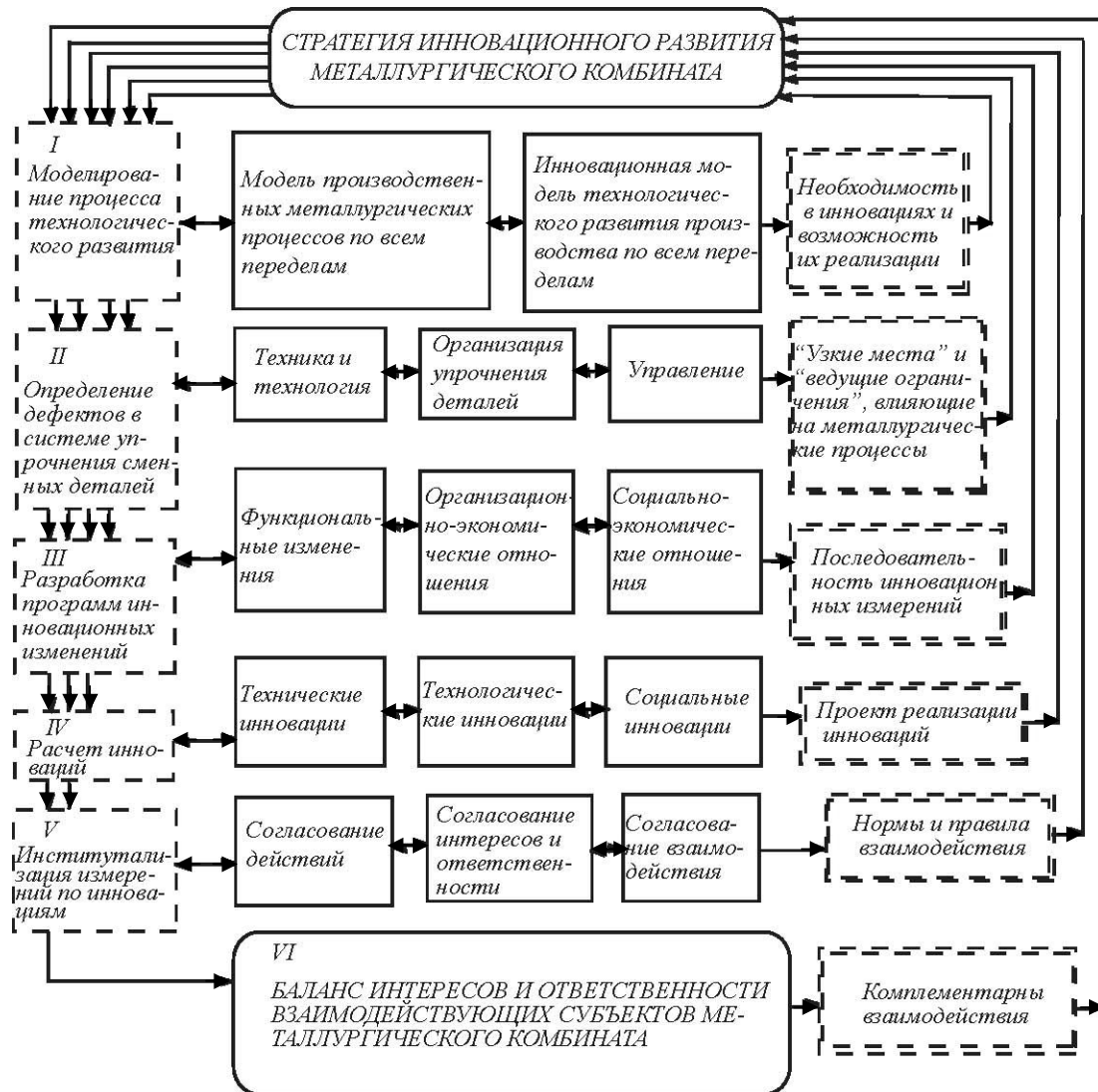


Рис. 1. Стадии инновационного цикла предприятия:

I, II, III, IV, V, VI – стадии освоения инновационной модели технологического развития; – наименование стадии развития; – этапы реализации стадии развития; – результаты реализации стадии развития

станов потребовались новые износостойкие наплавочные композиционные материалы (КМ), успешно работающие в условиях высокотемпературного абразивного износа. Среди известных композиционных материалов наибольшее применение получил сплав на основе релита ($WC+W_2C$). Однако дефицитность, дороговизна релита (820 – 960 руб/кг) и технологические затруднения наплавки КМ «релит плюс сплав на основе железа», ввиду высокой растворимости релита в сплаве-связке, побудили исследователей искать новые безвольфрамовые КМ. Поэтому разработка управления ЭШП упрочнения безвольфрамовыми композиционными материалами (спеченными твердыми сплавами на основе карбидов титана типа ТН 20) деталей металлургического оборудования, работающих в тяжелых условиях высокотемпературного износа, является весьма актуальной задачей [2, 3].

Спеченные твердые сплавы обладают рядом весьма ценных свойств: высокой твердостью (86 – 92 HRA); высокой микротвердостью ($H_{\mu} = 19,5 - 22,0$ ГПа), модуль упругости составляет 445 ГПа, предел прочности при сжатии достаточно высокий до $\sigma_{сж} = 6,0$ ГПа, прочность на изгиб достигает значений $\sigma_{изг} = 1,2 - 2,5$ ГПа, на растяжение – $\sigma_{в} = 0,5\sigma_{изг}$. И самое благоприятное свойство среди известных карбидов – высокая ударная вязкость: 0,8 – 1,2 МДж/м². **Способность спеченных твердых сплавов сохранять в значительной степени указанные свойства при повышенных температурах является чрезвычайно важной характеристикой при высокотемпературном абразивном износе.**

Особую трудность при формировании рациональных программ управлений наплавкой КМ в «малой» металлургии, к которой относится ЭШП КМ деталей металлургического оборудования, вызывает факт отсутствия в металлургических процессах ЭШП не только банка рациональных программ управления для различных ситуаций, но и самих процедур проектирования технологий. В настоящей работе рассматривается задача комплексной разработки программ управления наплавкой на базе информации о функционировании в данных условиях аналогичных объектов с одновременным проектированием технологии ЭШП КМ [1, 4].

Основным направлением совершенствования управления металлургическими процессами ЭШП КМ приняты требования снижения степени вмешательства исследовательского комплекса в нормальный ход технологического процесса и взаимодополнения, взаимообогащения процедур идентификации и управления объектами, с целью снижения издержек

производства и повышения качества, а следовательно, конкурентоспособности готовой продукции (рис. 2).

При формировании программ управления для l -й наплавки в число определяющих признаков класса $K_{i,l}$ ситуаций входят векторы: **начального состояния детали** – объекта наплавки $X_{o,l}$; **ограничений по условиям эксплуатации** и по различным требованиям к **свойствам наплавленного слоя** и границы взаимодействия твердых частиц с расплавом сплава-связки (поверхности раздела твердая частица – матрица), ЗТВ детали O ; **заданий со стороны заказчика** на характеристики наплавки (качество, стоимость, производительность, технологичность, наличие оборудования) Z ; прогнозируемого **изменения во времени внешних воздействий** $W_l^H(t)$.

Иногда в качестве **заданий** (кроме основных), могут выступать материал наплавленного слоя Z_{6l} ; свойства наплавленного слоя Z_{7l} ; свойства результатов взаимодействия твердых частиц с матрицей КМ Z_{8l} , или сплавления наплавленного слоя с основным металлом наплавляемой детали Z_{9l} , а в качестве **ограничений по управлению** – ограничения по: способу наплавки U_{02l} , схеме наплавки U_{03l} , материалу электродов (наплавочный материал) U_{04l} , роду источника питания электрошлакового процесса (тока наплавки) U_{05l} , полярности тока U_{06l} .

Однако чаще всего задания $Z_{6l} \div Z_{8l}$ и ограничение по управлению $U_{02l} \div U_{07l}$ заказчиком не оговариваются и устанавливаются самой системой управления процессом ЭШП получения КМ. В число определяющих признаков группы решений Γ_{jil} входят: класс ситуаций K_{il} , заданные значения выходных величин объекта в конце наплавки Y_{kl}^* ; заданные значения выходных величин объекта перед началом наплавки Y_{ol}^8 ; начальные значения управлений U_{ol} ; интегральные значения управлений U_l^H ; искомые программы управлений $U_l(t_i)$; ограничения на область решений (например, растворимость спеченных твердых частиц в матрице КМ) $O_l(t_{ji}^0)$.

По результатам проверки соответствия ожидаемых значений вектора выходной величины объекта \bar{Y}_{kl} его заданным значениям Y_{kl}^* в блоке 9 принимаются решения об изменении управлений и группы решений Γ_{jil} . При необходимости управление и Γ_{jil} корректируются в цикле до близкого совпадения $\bar{Y}_{kl} \approx Y_{kl}^*$. Если наплавка предполагается на ранее созданной установке, то способ наплавки U_{02l} , схема на-

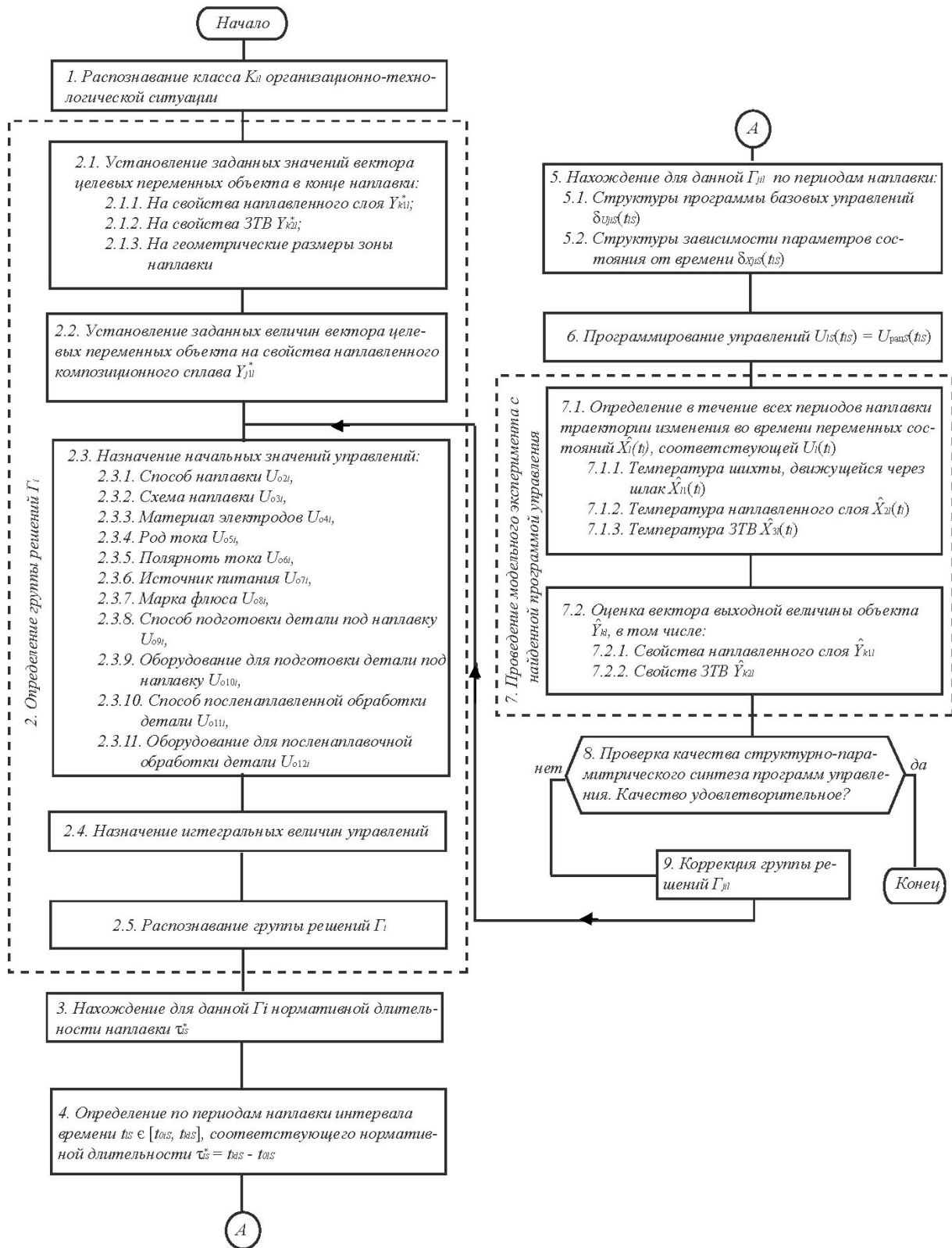


Рис. 2. Схема синтеза рациональных программ управления наплавкой ЭШП КМ

плавки U_{03l} , материал электродов U_{04l} , род тока U_{05l} , полярность тока U_{06l} , и источник питания U_{07l} , как правило, заранее известны. Это существенно ограничивает область решений, внося большую определенность в признаки группы решений Γ_{jil} . Материал наплавленного слоя U_{01l} вышестоящими системами управления,

как правило, не задается. Он назначается для данного класса организационно-технологических ситуаций K_{il} в функции заданных значений вектора выходных величин в конце наплавки: свойств наплавленного слоя Y_{kl}^* ; свойств границы взаимодействия твердая частица – мат-

рица Y_{k2l}^* ; геометрических размеров зоны наплавки Y_{k3l}^* . В функции последних вначале находятся заданные значения вектора выходных величин перед началом наплавки на свойства материала наплавленного слоя Y_{o1l}^* , а в функции Y_{o1l}^* – сам наплавленный материал U_{o1l} .

Поскольку выбор материала наплавленного слоя U_{o1l} одновременно зависит и от многих прочих управлений в системе, влияющих на траекторию изменения температуры каждой точки наплавленного слоя ЗТВ во времени, то требуемые свойства Y_{k1l}^* , Y_{k2l}^* , Y_{k3l}^* , близкие к соответствующим значениям заданий, можно получить лишь при условии определения всех прочих управлений.

Предварительное назначение материала наплавленного слоя U_{o1l} в функции Y_{o1l}^* , который в свою очередь является функцией $Y_{k1l}^* \div Y_{k3l}^*$, зависит от того, какими свойствами обладает тот или иной материал и какие они претерпевают изменения в ходе наплавки.

Перспективы развития научных разработок заключаются в том, что разработанные способы упрочнения быстроизнашивающихся деталей, основанные на концентрации спеченных твердых частиц типа ТН 20 в местах интенсивного износа деталей, приводят к экономии легирующих элементов в общей массе наплавленного металла. Например, чтобы наплавить 100 кг быстрорежущей стали, содержащей 18 % W, потребуется ввести в шихту более 19 кг вольфрама. Для наплавки того же количества композиционного сплава на основе спеченного твердого сплава типа ТН 20 (который по износостойкости в 2 – 3 раза выше, а по плотности в 3,3 раза ниже вольфрама) потребуется гораздо меньшее количество легирующих компонентов, например, титана, молибдена, никеля. Таким образом, получается весьма экономно легированный сплав (3,24 % Ti, 0,9 % Ni, 0,54 % Mo), что приводит к значительному экономическому эффекту при упрочнении быстроизнашивающихся деталей (расход которых только на одном металлургическом комбинате составляет сотни тонн) композиционными сплавами на основе спеченных карбидов титана типа ТН 20.

Опытно-промышленные испытания получения бандажированных валков методом ЭШЛ (совмещенным методом заливки жидкого металла в осевое пространство с плавлением электрода-соленоида в шлаковой ванне) с применением в качестве материала бандажа

высокохромистого чугуна, армированного частицами спеченного твердого сплава типа ТН 20, показали повышение срока службы валков в 3 – 4 раза. При этом удельный расход электроэнергии нового способа ЭШЛ бандажированных валков по сравнению с ЭШП получения бандажированных валков ($q_{уд.эл} = 1,5 \div 2$ кВт·ч/кг) примерно в 14 раз меньше [2, 5 – 7].

Таким образом, разработанные способы ЭШЛ бандажированных валков приводят к сокращению удельного расхода электроэнергии примерно в 14 раз, а нанесение защитных барьерных покрытий на твердые частицы – к экономии легирующих элементов в общей массе наплавленного металла за счет предотвращения растворения твердых частиц.

Условно-годовая экономия ($\mathcal{E}_{y.g}$) от применения ЭШП новыми композиционными материалами, повышающими срок службы деталей в 3 – 4 раза, составила на 1 млн. т проката:

– за счет сокращения расхода бил роторных дробилок агломерата, в результате повышения срока их службы ($\beta_{сл}^{рот}$) в 3,5 раза, при действующем расходе ($\rho_{расх}^{аргл}$) примерно 6,4 руб/т агломерата;

– за счет повышения срока службы ЗУДП ($\beta_{сл}^{ЗУДП}$) в 2,5 раза при действующем расходе ($\rho_{сл}^{ЗУДП}$) 8,4 руб/т чугуна;

– за счет повышения срока службы валков прокатного стана ($\beta_{сл}^{вал}$) в 2,5 раза при действующем расходе валков ($\rho_{расх}^{вал}$) 9,5 руб/т проката

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{y.g} &= 1000000 [\rho_{расх}^{аргл} (1 - 1/\beta_{сл}^{рот}) + \rho_{расх}^{ЗУДП} (1 - \\ & - 1/\beta_{сл}^{ЗУДП}) + \rho_{расх}^{вал} (1 - 1/\beta_{сл}^{вал})] = \\ &= 1000000 [6,4(1 - 1/3,5) + 8,4(1 - 1/2,5) + 9,5(1 - \\ & - 1/2,5)] = 15 \cdot 310 \cdot 000 \text{ руб/год.} \end{aligned}$$

Выводы. Применение системы управления новыми технологическими процессами упрочнения быстроизнашивающихся деталей металлургического оборудования и обеспечение этих процессов инновационными решениями в области создания новых композиционных материалов и способов ЭШП, позволило увеличить срок службы деталей в 3 – 4 раза и повысить производительность металлургических агрегатов на 6 – 8 %, что обеспечило получение экономического эффекта 15·310·000 руб/год за счет снижения себестоимости готовой продукции, а повышение качества продукции привело к повышению ее конкурентоспособности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быстров В.А., Грекова Н.Ю., Трегубова О.Г. Инновации, качество и конкурентность упрочнения сменного металлургического оборудования // Экономические исследования: монография / Под ред. О.И. Кирикова, В.А. Быстрова. – Книга 12. – Воронеж: изд. ВГПУ, 2007. – 653 с. (С. 502 – 531).
2. Быстров В.А., Новиков Н.И., Лубяной Д.А. Экономическая эффективность инноваций, направленных на повышение долговечности сменного металлургического оборудования: монография // Современное предпринимательство / Под общ. ред. О.И. Кирикова. Книга 18. – Воронеж: изд. ВГПУ, 2007. – 320 с.
3. Быстров В.А., Верёвкин В.И. Электрошлаковые технологии упрочнения КМ деталей металлургического оборудования // Изв. вуз. Черная металлургия. 2005. № 6. С. 28 – 32.
4. Верёвкин В.И., Атавин Т.А., Быстров В.А. Оптимизация процесса ЭШЛ биметаллических прокатных валков // Вестник РАЕН (ЗСО). 2008. № 10. С. 126 – 128.
5. Быстров В.А., Новиков Н.И., Подъяпольский Д.В. Эффективность инновационных решений в промышленности: монография / Отв. ред. В.В. Титов, В.А. Быстров. – Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2011. – 412 с.
6. Пат. 2183530 Россия, МКИ⁷ В22D 19/16. Устройство для изготовления биметаллических валков прокатного стана / В.А. Быстров, В.И. Верёвкин. Заявл. 13.11.2000. Опубл. 20.06.2002 // Бюллетень изобретений. 2002. № 17.
7. Пат. 2281186. Россия, МПК В22D 19/16. Способ изготовления биметаллических прокатных валков / В.И. Верёвкин, В.А. Быстров, Т.А. Атавин. Заявл. 01.11.04. Опубл. 10.08.2007 // Бюллетень изобретений. 2007. № 22.

© 2012 г. В.А. Быстров, Н.Ю. Грекова,
О.Г. Трегубова
Поступила 15 мая 2012 г.

УДК 378.014.543

2012 г. Э.В. Первалова

Сибирский государственный индустриальный университет

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ БЮДЖЕТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

В настоящее время в условиях трансформации системы образования и, соответственно, изменения условий финансирования многие бюджетные учреждения, как и коммерческие предприятия, должны самостоятельно заботиться о своем развитии. Внебюджетная деятельность организаций является источником финансовых ресурсов, позволяющих им качественно исполнять свою уставную деятельность и осуществлять стратегию развития, обеспечивая высокое качество услуг, достойную заработную плату всех сотрудников учреждения и материально-техническое оснащение. Разрабатываемые нормативные документы по определению методов планирования, ценообразованию на предоставляемые услуги имеют общий характер и не учитывают сложность интеграции финансовых потоков всех структурных подразделений, структурные и

функциональные характеристики учебного заведения, его конкурентоспособность, а также климатические особенности, демографическую ситуацию региона и платежеспособность его населения. Возникла необходимость создания новых методов планирования, управления финансовыми потоками организации, в том числе планирования расходов и контроля целевого использования дохода от ведения предпринимательской деятельности вузов, формирования себестоимости оказываемых услуг и расчета необходимого объема финансирования вузов.

Основная задача руководства всех служб организации – правильно построить процесс управления информационными и финансовыми потоками, организовать контроль за исполнением бюджета, так как от этого зависит эффективная работа учреждения как единого це-

лого и устойчивое положение на рынке образовательных услуг. Эффективное бюджетирование способствует:

- повышению финансовой обоснованности принимаемых управленческих решений на всех уровнях управления;
- повышению эффективности использования имеющихся в распоряжении организации и ее структурных подразделений материально-технических и финансовых ресурсов;
- созданию возможности для оценки принятия решений в реализации новых видов предпринимательской деятельности, которыми собирается заняться в будущем организация;
- более точному определению направлений инвестиционной политики;
- укреплению финансовой дисциплины и стимулированию более эффективной работы всех сотрудников структурных подразделений организации.

До вступления в силу Федерального закона ФЗ № 83 от 8 мая 2010 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием правового положения государственных (муниципальных) учреждений» основными документами управления финансовыми потоками по видам деятельности учреждения являлись сметы доходов и расходов, утверждаемые главными распределителями бюджетных средств. В соответствии с утвержденной сметой учреждению предоставляется в безвозвратном порядке бюджетные средства на осуществление и развитие уставной деятельности.

Доведенный объем финансовых средств до получателя должен быть использован по направлениям статей расходования, указанных в смете. На основании утвержденных смет органы Федерального казначейства, в которых открыты лицевые счета по учету бюджетных средств и средств от приносящей доход деятельности, санкционируют расходы образовательных учреждений по источникам финансирования. При отсутствии утвержденной сметы учреждение не вправе вести расходы по своей финансово-хозяйственной деятельности. Однако сметное финансирование бюджетных учреждений ориентировано не на потребителя, а на содержание сети учреждений. Именно такое положение приводит к неэффективности бюджетных расходов и должно быть пересмотрено, поэтому ФЗ № 83 от 8 мая 2010 г. была поставлена задача – осуществить перевод до 01.01.2012 г. значительной части бюджетных учреждений со сметного принципа финансирования на формирование государственных заданий с обеспечением финансирований за

счет субсидий. Новая форма финансирования в виде субсидий осуществляется по установленным государственным заданиям на оказание услуг с четким описанием их объема, требований качества, условий их предоставления. Помимо увеличения качества образовательных услуг, такая форма финансирования способствует расширению самостоятельности использования средств, полученных из бюджета, что позволяет в совокупности с другими источниками финансирования оптимально использовать полученный доход.

Бюджетная услуга становится одним из важнейших элементов планирования. На оказание услуги бюджетным учреждением устанавливается государственный заказ. Государственное задание формируется в соответствии с основными видами деятельности, предусмотренными учредительными документами учреждения. Государственное задание устанавливает показатели, характеризующие качество и объем государственной услуги, а также порядок ее оказания (выполнения). Выделенный объем субсидии равен совокупным затратам на оказание бюджетной услуги согласно государственного заказа.

Для составления бюджетных планов используются следующие информационные источники: данные бухгалтерской отчетности и выполнения финансовых планов за предшествующий период (месяц, квартал, год); договоры (контракты), заключаемые с потребителями и поставщиками материальных ресурсов и услуг; прогнозные расчеты объема предоставляемых услуг исходя из заказов, прогноза спроса, уровня цен и других условий рыночной конъюнктуры; нормативно-законодательная база; утвержденная учетная политика.

В настоящее время вузами в той или иной степени используются все основные методы бюджетирования: нормативный, нормативно-подушевой, затратный, на основе статистического анализа ретроспективных данных, метод опроса руководителей структурных подразделений (центров ответственности), комбинированный метод.

Затратный метод базируется на расчете себестоимости оказываемой услуги. Плановый доход определяется на основе фактических данных бухгалтерской отчетности с поправкой на уровень инфляции. Использование этого метода исключает требование к росту качества оказываемых услуг, развитие материально-технической базы и информационный прогресс.

Нормативно-подушевой метод подразумевает расчет и определение норматива бюджетной услуги. Совокупный доход рассчитывает-

ся как произведение норматива бюджетной услуги на количество оказываемых услуг. Он предусматривает возмещение расходов организации на оказание стандартных услуг конкретным категориям потребителей по единым нормативам. Однако этот метод не учитывает количественные изменения нормативных затрат и специфики деятельности учреждения.

Нормативный метод является одной из основ системы бюджетного планирования. Основным его достоинством является точность и объективность. Он позволяет достоверно учесть реалии бюджетной системы, ее параметры и в том числе региональные особенности. Бюджетные нормативы позволяют не только определить объем финансирования, который должен быть заложен в годовом бюджете для каждой организации или учреждения, но и контролировать минимальный объем расходов на конкретные виды услуг в ходе исполнения бюджета. Установленные нормативы являются средствами оперативного контроля и контроля за уровнем издержек.

Министерством финансов Российской Федерации приказом № 137н/527 от 29 октября 2010 г. и приказом № 105н от 22 октября 2009 г. утверждены методические рекомендации по расчету нормативных затрат на оказание федеральными государственными учреждениями государственных услуг и нормативных затрат на содержание имущества федеральных государственных учреждений. В рекомендациях приведены методы определения нормативных затрат: нормативный, структурный, экспертный, сметный, проектный.

Нормативный метод применяется в случае наличия утвержденных нормативов затрат, выраженных в натуральных показателях, в том числе нормативов питания, оснащения мягким инвентарем, медикаментами, норм потребления расходных материалов, нормативов затрат рабочего времени, объемов снижения потребления энергетических ресурсов в соответствии с требованиями энергетической эффективности или иных натуральных параметров оказания услуги. Натуральные нормативы затрат могут быть самостоятельно установлены учреждением и утверждены локальными документами.

Структурный метод предполагает определение нормативных затрат соответствующей группы затрат пропорционально выбранному основанию (например, затратам на оплату труда и начисления на выплаты по оплате труда персонала, участвующего непосредственно в оказании государственной услуги; численности этого персонала; площади помещения, ис-

пользуемого для оказания государственной услуги и др.).

При использовании экспертного метода нормативные затраты в отношении соответствующей группы затрат определяются на основании экспертной оценки (например, оценки доли группы затрат (в частности, трудозатрат) в общем объеме затрат, необходимых для оказания государственной услуги и др.).

При сметном методе определение нормативных затрат осуществляется на основе детализированной сметы выполняемых работ.

Использование проектного метода осуществляется как на основе общей суммы затрат на реализацию выполняемых работ, так и с разбивкой по укрупненным статьям расходов.

При определении нормативных затрат на оказание государственной услуги бюджетным учреждением учитываются: нормативные затраты, непосредственно связанные с оказанием государственной услуги; нормативные затраты на общехозяйственные нужды за исключением затрат на содержание имущества; нормативные затраты на содержание имущества.

Методическими рекомендациями, утвержденными приказом Министерства финансов № 105н от 22 октября 2009 г., определен перечень и порядок расчета нормативных затрат. Согласно методическим рекомендациям, в состав расчетно-нормативных затрат включаются:

1. Норматив затрат на оплату труда и начисления на выплаты по оплате труда;
2. Норматив затрат на приобретение расходных материалов;
3. Норматив затрат на коммунальные услуги и иные затраты, связанные с использованием имущества;
4. Норматив затрат на общехозяйственные нужды.

Первый норматив определяется в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 583 от 5 августа 2008 г.

Норматив затрат на приобретение оборудования, инвентаря, печатной продукции отражает величину затрат на одного студента.

Второй норматив включает в себя затраты на приобретение расходных материалов, непосредственно используемых для оказания образовательной услуги, например, объем средств на материалы для учебных целей рассчитывается исходя из норматива затрат на одного студента (руб/студент); на приобретение мягкого инвентаря для общежитий используется норматив затрат на одно место (руб/место); на приобретение специальной одежды определяется количеством экземпляров в год и сроком эксплуатации (руб·шт./год).

Третий норматив затрат рекомендуется определять исходя из норматива потребления коммунальных услуг, который определяется на основании статистического анализа показателей прошлых периодов с учетом требований обеспечения энергоэффективности и энергосбережения и размера тарифа коммунальных услуг, установленного на соответствующий финансовый год. Указанный норматив может включать в себя нормативы затрат: на холодное водоснабжение и водоотведение, на горячее водоснабжение, на отопление, на электроснабжение.

Руководствуясь методическими рекомендациями при определении затрат на содержание недвижимого имущества, необходимо учитывать в расчетах коэффициенты, характеризующие доли затрат холодного водоснабжения и водоотведения, горячего водоснабжения, потребления тепловой и электрической энергии. Эти коэффициенты строго определены и являются постоянными, что не всегда оправдано, так как необходимо учитывать мощность эксплуатируемого оборудования.

Четвертый норматив включает в себя следующие нормативы затрат: на приобретение услуг связи (в том числе затраты на внутригородскую, междугороднюю, международную

связь); на приобретение транспортных услуг; на оплату труда и начислений на выплаты по оплате труда для вспомогательного, технического, административно-управленческого и т.п. персонала; прочие нормативы затрат, влияющие на стоимость оказания образовательной услуги.

Норматив затрат на выполнение ремонтных работ здания определяется исходя из нормативов затрат на 1 м³ объема здания, норматив ремонта оборудования определяется в процентах от балансовой стоимости.

Каждый из методов бюджетирования при их использовании образовательным учреждением имеет достоинства и недостатки, которые приведены в таблице. При рассмотрении недостатков нормативного метода как наиболее распространенного можно констатировать, что устранить эти недостатки возможно, применив другие методы планирования затрат. Первый и второй недостатки можно избежать, применив метод опроса руководителей структурных подразделений, так как только руководитель и участники программы знают все тонкости процесса обучения студентов по данной специальности. При использовании метода опроса руководителей структурных подразделений необходимо составлять планы мероприятий на

Сравнение методов бюджетирования в образовательных учреждениях

Методы бюджетирования	Достоинства	Недостатки
Затратный	Удобство в расчетах и поиске исходных данных	Исключает требование к росту качества оказываемых услуг, информационному развитию и МТБ
Нормативно-подушевой	Удобство в расчетах при наличии стандартов, которые подробно описывают качественные характеристики оказываемых услуг и условия их оказания	Не учитывает количественные изменения нормативных затрат и специфических особенностей учреждения. Требует нормативно-правовые акты по определению стандартов на оказание услуги как качественных, так и количественных
Нормативный	Точность и объективность. Учитывает региональные особенности. Является средством оперативного контроля за уровнем издержек	Невозможность обеспечения роста качества предоставляемых услуг, отсутствие индивидуального подхода к потребителям услуг, необъективность планирования расходов на общехозяйственные нужды
Опроса руководителей центров ответственности	Учитывает специфику деятельности подразделений учреждения, ее динамику и рост качества услуг	Возможно негативное влияние фактора экономической неграмотности руководителей центров ответственности
Статистического анализа ретроспективных данных	Учитывает закономерности развития организации и устойчивость внешних экономических связей	Трудоемкость сбора, обработки данных и экономического анализа. Требует высокий профессионализм работников
Комбинированный	Оптимальный. Совмещает все достоинства и нивелирует недостатки других методов	

будущий год с указанием всех затрат. Метод на основе статистического анализа ретроспективных данных устраняет третий недостаток нормативного метода планирования. Этот метод основывается на ежемесячном, ежеквартальном, а также годовом аналитическом учете затрат по смете доходов и расходов образовательного учреждения. Только с помощью этого метода можно получить точную картину затрат на содержание имущества (расходы по коммунальным услугам, командировочные расходы, затраты на обслуживание и ремонт оборудования и прочего имущества, затраты на обеспечение порядка, уборку территории и т.д.).

Учесть все варианты расчета величин каждой статьи расходной части сметы и выбрать оптимальный вариант позволяет комбинированный метод.

Выводы. При бюджетировании целесообразно применять комбинированный метод, который позволяет осуществлять расчет финансирования различных статей разными методами на основе необходимых критериев эффективности (величина затрат, качество, нормы и др.).

© 2012 г. Э.В. Перевалова
Поступила 21 мая 2012 г.

2012 г. Т.Л. Готьятова

Сибирский государственный индустриальный университет

ПОИСК КОНСТАНТ ФИЛОСОФИИ ПОСТУПКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЦЕЛОСТНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЛИЧНОСТИ (ПО ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКОМУ МАТЕРИАЛУ ДРЕВНЕЙ ГРЕЦИИ)

Философия поступка давно и прочно ассоциируется в отечественной философской мысли с именем М.М. Бахтина. Сложилось прочное представление о парадигмах «до Бахтина» и «после Бахтина» в этих размышлениях. Тем не менее, в современной ситуации возникли обстоятельства, которые актуализируют не только отдельные идеи, философы концепции Бахтина, его размышления о кризисе поступка, но и весь опыт осмысления сущности поступка, его природы в указанных парадигмах.

В настоящее время получили широкое распространение типы философствования, делающие акцент либо на вневременной сущности человека, либо на его фрагментарности, его частичном существовании. Этот раскол философствования не способствует пониманию человека и его бытия в мире как целостного феномена.

Актуальность темы связана с частым отказом человека от поступка в социальной и культурной жизни, что ведет к «дефициту поступка» в глобальном современном мире «дефицита человека» как личности. Обращение автора статьи к историко-философскому материалу древнегреческой эпохи дает возможность проследить становление западного человека как нравственного существа, формирование его личностных качеств и ценностных установок на поступание.

Цель настоящей работы – показать, что поступок является поучительным актом, в нем одновременно присутствуют и смысл, и реальное действие. Это – онтологический феномен, наивысшая степень определенности бытия. Он – реальность, которая требует постоянного саморазвития личности индивида. Обращение к общему философскому прошлому, которым является древнегреческая философия для западного и русского человека, видится автору весьма своевременным, ведь платоновский «активный выбор» становится тождественным пониманию термина «поступок» сегодня.

Сущность поступка всегда связана с особенностью человеческой личности, ее развитием, спецификой включенности в социум.

Социальная среда, как и природная, задавала функциональную парадигму деятельности человека, обуславливала его поступки, регулировала их, поступок был как бы ответом на вызовы социальности.

Уже во времена архаической и классической Греции мы можем видеть как поступки индивидуумов регулируются социальным контролем, а также формами, которые принимает этот контроль. Формы эти весьма разнообразны: очень важное значение имеет контроль коллектива над поведением его члена, одобрение или неодобрение каждого конкретного поступка. В ходе воспитания преобладает система общих внутренних норм, следование которым должно, в первую очередь, обеспечивать соответствие поведения человека сложившимся стандартам.

Анализ исследований, посвященных древнегреческой культуре, свидетельствует о том, что у греков присутствовала ориентация на одобрение и порицание поступков, а не на ответственность поступка внутренней системе ценностей. Гомеровский эпос свидетельствует об этой ориентации с полной четкостью. Стыд и нежелание вызвать к себе неодобрение со стороны равных регулирует поведение гомеровских героев, обуславливает их поступки. В центре системы ценностей гомеровских героев находятся такие ценности, как доблесть, слава. Эпитет «преславный» является постоянным эпитетом Агамемнона в «Илиаде». Алкиной в «Одиссее» даже высказывает мысль, что боги устроили гибель Илиона и смерть сражавшихся в Троянской войне героев для того, чтобы у будущих поколений появился сюжет для героической песни, прославляющей их подвиги.

В «Илиаде» и «Одиссее» приводится большой материал, который свидетельствует, что при всех переменах в исторических судьбах и умонастроениях древних греков ориентация на

снискание славы и доблести древних греков остается доминирующей.

Однако нередко стремление снискать славу и доблесть побуждало греков к поступкам сомнительным. Как свидетельствует Лукиан, древнеримский историк, Перегрин – великий авантюрист античности всю жизнь стремился заставить людей любыми способами говорить о себе, славить себя. Для этого он торжественно сжег себя, желая уподобиться взошедшему на костер Гераклу [3, с. 45]. Обратной стороной внимания к собственной репутации и обретения известности и славы является характерная для греков всех эпох склонность к публичному поношению своих противников, что особенно ярко проявляется в гомеровских поэмах. Очернение противника входило в набор приемов греческой риторики.

Греки, как и римляне не стеснялись открыто демонстрировать свои заслуги, а также свою красоту, они говорили об этом во всеулышание. Философ Анаксагор завещал устраивать для детей каникулы каждый год в месяц его смерти, увековечивая память о себе.

Платон вкладывает в уста Сократа утверждение, что многие стремились находиться в окружении Сократа для того, чтобы с удовольствием наблюдать, как Сократ ставит в тупик людей, воображающих себя мудрыми.

Приведенные примеры свидетельствуют, что в Древней Греции архаической и классической эпохи оценка коллектива, к которому принадлежал человек, была важнейшим регулятором его поступков.

Древнегреческое общество периода от гомеровской эпохи до классической принадлежало к так называемым компетивным обществам, в которых важное значение имела установка на то, чтобы превзойти окружающих в достижении своих жизненных целей.

Соревновательный дух, дух соперничества в культуре древних греков пронизывает все сферы их деятельности, начиная от войны, политики, экономики и включая виды деятельности, лишённые утилитарного значения. Именно эта направленность жизни греков архаической эпохи побудила исследователей охарактеризовать грека архаической эпохи как «агонального человека».

Хейзинга в работе «Человек играющий» подчеркивает роль агонального духа в системе греческой культуры, который он рассматривает как одно из проявлений потребности в игре.

Однако, ни одно известное истории общество не было ориентировано на агон в такой степени, как древнегреческое, и, в частности, не

придавало такого значения атлетическим и другим состязаниям.

Очевидно, что в древнегреческом обществе осуществлялась интериоризация человеком заданных обществом программ и происходило преобразование этих программ в самопрограммирование человека. Вот почему честолюбие и стремление к славе были основой мотивации поступка в агонистике. Только в результате соединения честолюбия с потребностью стремления к славе и возможно появление агонистики как общественного явления.

В частности, Аристотель называет похвалу и порицание важнейшими регуляторами людей в общественной жизни. Высшей похвалы, по Аристотелю, достоин человек, которого он характеризует как «величественного духом». При этом Аристотель приводит в качестве образца типичных носителей эпической доблести Ахилла и Аякса. Однако еще ранее на это обстоятельство обращает внимание Сократ посредством введения в философское поле этико-антропологической и гносеологической проблематики. В силу отсутствия у Сократа авторского текстового наследия его философское учение реконструируется на основании вторичных источников, в первую очередь – сократических диалогов раннего Платона, сократической апологии Ксенофанта, сведений Диогена Лаэртского и, наконец, Аристотеля.

Поставленный Сократом вопрос о том, каким образом может строиться человеческое знание о мире, выступает детерминантой переосмысления самого предмета философского знания, высвечивая рефлексивный потенциал философии.

Процесс формирования философского знания Сократ рассматривает весьма конкретно, на примере знания о том, что есть добродетель, справедливость и, в конце концов, он приходит к вопросу: что есть сам человек? Метод Сократа основывается на неявном предположении объективного существования intersubъективного истинного знания, вопрос лишь в том, как его достичь. Достижение знания, по Сократу, возможно на пути диалогичности, рефлексии, философствования, отсюда и знаменитый сократовский вопросно-ответный характер поиска истины. Эти вопросы и соответственно ответы касались проблем человеческого сознания, человеческой души, деяний человека, его назначения и морали. В процессе вопросов и ответов, в процессе диалогов Сократ изучал конкретные вещи, чтобы выйти на формулировку общих понятий, под которые можно подвести конкретные явления, поступки.

Конечно, вступать в диалоги любили и софисты, но споры софистов отличались отсутствием поиска положительных идеалов и часто были бессодержательными несмотря на то, что современная Сократу софистика была скорее красивым и непобедимым ораторским искусством.

Характерной чертой философии Сократа был рационализм, постоянное рассуждение о высших силах, которые управляют человеком, его поступками. Сократ и осуществлял свои поступки в соответствии со своими мировоззрением, убеждениями, иронией. Даже находясь в тюрьме и беседуя со своим учеником Критоном, Сократ, выслушав доводы Критона в пользу своего побега из заточения, отвечает Критону, что он способен повиниться только лучшему убеждению после тщательной проверки всех остальных. Как видим, поступок, по мнению Сократа, должен основываться на рассуждениях, рефлексии, убеждениях, и только те рассуждения надо ценить, которые полезны, а полезные мнения – это мнение людей разумных.

Сократ интерпретирует поступок человека, базирующийся на рефлексии, убеждении и морали, а, следовательно, справедливости, добродетели. По Сократу поступок человека всецело определяется его понятиями о справедливости, доблести, благе и вытекающих из этих понятий целями. Нравственную цельность человека Сократ связывает со знанием. Поэтому никто не может заблуждаться или дурно поступать по доброй воле: нет человека, который, зная, что он может сделать нечто лучшее сравнительно с тем, что он делает, стал бы напротив делать худшее. Так, Сократ сводил всякое дурное действие к простому незнанию или заблуждению, а мудрый поступок – к совершенному знанию.

Последователи Сократа – его ученики, создавшие сократические школы. К последним относятся: киническая (Антисфен, Диоген Синопский, Кратет, Менипп), киренская (Аристипп, Феодор), мегарская (Евклид Мегарский, Стилпон и др.), элидо-элетрейская, а также Академия Платона, которая по своему содержанию уже выходит далеко за рамки сократической философии.

Величайшим из непосредственных учеников Платона был Аристотель, который также обращался к проблеме поступка, полагая, что в обществе обязательно должны быть соответствующие регуляторы поступка человека.

По словам Аристотеля, люди, занимающиеся практической деятельностью, исследуют не вечное, а вещь в ее отношении к чему-либо в

настоящее время. Как видим, античная эпистема ориентирована не на овладение силами природы, а на познание всеобщего мирового строя вещей, на осмысление общественных отношений и назначения гражданина полиса, на воспитание граждан полиса и регулирования их взаимоотношений и поступков, на достижение этического идеала. Именно этому посвящено сочинение Аристотеля «Никомахова этика». В этом сочинении Аристотель рассуждает о том, что жизнь – это нечто общее как для человека, так и для растений и животных. Но жизнь человека отличают суждения, мысль и поступки, деяния. «Если назначение человека – деятельность души, согласованная с суждением... причем мы утверждаем, что назначение человека по роду тождественно назначению добропорядочного человека..., то человеческое благо представляет собою деятельность души сообразно добродетели» [1, с. 829]. Поступок философ рассматривает через категории блага и счастья, подразделяя блага на три вида: внешние, относящиеся к душе и относящиеся к телу. С понятием блага мыслитель связывает и счастье: «...счастливый благоденствует и живет благополучно, ибо счастьем мы выше почти было назвали некое благоденствие и благополучие. Одним счастьем кажется добродетель, другим – рассудительность, третьим – известная мудрость, а иным – все это вместе» [1, с. 830]. А в жизни, заключает Аристотель, прекрасного и благого достигают те, кто совершает правильные поступки. И даже сама по себе жизнь доставляет им удовольствие. Добродетельные люди не гонятся за удовольствием, но их поступки, сообразные добродетели, доставляют им удовольствие: не является добродетельным тот, кто не радуется прекрасным поступкам.

Обратимся к философии кинизма, которая заявила о себе как скандальный эпатаж. После Сократа кинизм развивает линию философии как образа жизни, как рефлексивно обусловленного поступка – идеал предельного бытового аскетизма, отрицающего принципы социальной консолидации. В философском поле кинической школы особенно выделялся Диоген из Синопа, развивающий идеалы этического поведения, этической обусловленности поступков. Киники предприняли попытку обоснования духовной свободы как асоциального состояния. Приобщенность к культурным ценностям, укорененность в социальной жизни, традиционная мораль – все это трактуется ими, как «дым», который надо развеять. Такая мировоззренческая основа интерпретировалась киниками в двух направлениях: в идее отказа от

социальной адаптации и в нравственной позиции кинизма – «без общины, без дома, без отечества». Эта мировоззренческая установка и выступает как детерминанта поступка в философии кинизма. Именно к кинизму восходит идея «гражданина мира», человек должен быть «нагим и свободным», когда он ничем не связан, он неуязвим в своих поступках. Идеи бытового аскетизма киников простирались до бездомного нищенства, отказа от социальных ценностей. Отказ от социальных ценностей заставлял киников утверждать собственные законы, провозглашая шокирующие нравственные максимы для человеческих поступков. Эта сторона философии киников, в известной мере, определила латинскую кальку названия школы киников и легла в основу общего термина цинизм, содержание которого и отражает специфику кинической философии.

Однако цинизм не является в философии киников самоценностью. Самоценностью для них было счастье. Счастье понимается ими как проявление глубинного внутреннего достоинства человека, детерминирующего его поступок. Поступок совершается в условиях, когда судьбе противопоставляется мужество, закону – природа, а страстям – разум.

Позиция киников не совпадает с общепринятой моралью толпы, она являет собой нравственную автономию, при которой духовная свобода понимается как способ адаптации невостребованного маргинального интеллекта. На пути этой адаптации человек и совершает поступок-вызов, не адекватный общественной морали. Общеизвестен пример: при встрече Диогена и Александра Македонского, властелин сказал: «Я – великий царь Александр». – «А я, – ответил Диоген, – собака Диоген» [4, с. 233]. Это был поступок-вызов гордому царю. Современные исследователи отмечают, что невозможность в силу социальных причин адекватно реализовать свой интеллектуально-духовный потенциал, оборачивает последний на службу асоциальной свободе в условиях социальной несвободы.

Кинизм оказал непосредственное содержательное воздействие на формирование философско-этической концепции стоицизма. Однако, при этом, нельзя забывать, что развитие философии стоицизма было ответом на те противоречия и социальные вызовы, когда на смену республике в Риме приходила империя. Стоик Люций Анней Сенека был участником важнейших событий самых трудных периодов римской империи, в основе которых находились объективные экономические и социальные противоречия групп. Вот эти условия не-

доброжелательной общительности вызвали к жизни философию Сенеки, посредством которой он мечтал «оздоровить» общество.

Философия для Сенеки это, в основном, достижение нравственного идеала. Сенека сочетал в своей философии стоицизм, платонизм, эпикуреизм и пифагореизм. Но Сенека был римлянином и смотрел на вещи трезвее многих своих современников, он не мог не видеть, что римская империя утрачивает «добрые нравы» и прежний уклад жизни и, чтобы сохранить государство, обращается к жесткой, единоличной форме власти, которая, по мнению Сенеки, не может не привести к краху.

И Сенека делает вывод: коль скоро та или иная форма государства оказывается обреченной на гибель, человек не может связывать с таким государством свои идеалы. Человек должен сам заботиться о своем счастье и искать свою линию жизненного поведения. Человек должен стремиться к ответственному индивидуальному выбору в своих поступках – это главное кредо в творчестве Сенеки. Он полагал, что нравственная норма отвечает объективной истине и базируется на учении о природе. В основе природы лежит «логос» – разум, разлитый во всем сущем и обеспечивающей неодушевленным предметам «устойчивое состояние», растениям – «произрастание», животным «самодвижение», а в людях и богах – выступающий как разум в собственном смысле. Следовательно, жить и, соответственно, поступать «по природе» для человека значит «жить по разуму», а нравственная цель – через совершенствование этой природы прийти к «добродетели». Добродетель есть совершенное знание или мудрость. «Блаженную жизнь» мудрецу обеспечивает знание того, что добродетель есть единственное, истинное благо. Каждый поступок истинного мудреца направлен к этому благу и определяется термином «праведное деяние». Поступок должен обязательно быть направлен на самосовершенствование человека, мудреца. Но если поступок не предполагает самосовершенствования, даже если он направлен на благо ближнего, такой поступок не может быть отнесен к рангу поступков «праведных». В этом проявляется глубокий индивидуализм интерпретации поступков мудреца, поступков «праведных».

Но наряду с «праведными» поступками существуют, по мнению Сенеки, поступки «подобающие». Эти поступки связаны с обыденной жизнью человека. К их числу стоики относили и выполнение обязанностей перед другими людьми, и не только перед согражданами по общине, но и перед жителями всего мира. Так

оборотной стороной стоического индивидуализма оказывался стоический космополитизм. Кроме поступков в обыденной жизни, стоики рассматривали деяния человека и в условиях политической реальности. Здесь понятие «подобающего» поступка близко смыкалось с римским понятием долга. Но в Риме понятие долга интерпретировалось как долг перед республикой и осознание этого еще прочно держалось в эпоху Сенеки. Однако из такого понимания долга выводы были как бы двоякими. С одной стороны, если выполнять свой долг и совершать поступки соответственно долгу – значит не только следовать завету отцов, но и поступать в соответствии с разумной природой человека, идти до конца и даже идти на смерть. С другой стороны, с крушением государства человек освобождался от долга и переносил свою деятельность в область личной жизни, наполненной мудростью и познанием.

Таким образом, в античной классике, там, где формируется идея «светлого», разумного познания как важнейшей ценности культуры, нет и не может быть противопоставления теоретического мира, мира идеальных сущностей реальной, душевной жизни человека, сфере «поступка» человека. Человек не сталкивается еще с теоретическим миром, и теоретическое мышление не выступает как движение в пространстве идеальных сущностей. Именно на это обстоятельство и указывает М. Бахтин, говоря что противопоставление теоретического мира и «поступка» недопустимо в античности.

«Никакая практическая ориентация моей жизни в теоретическом мире невозможна, в нем нельзя жить, ответственно поступать, в нем я не нужен, в нем меня принципиально нет» [2, с.17]. Бахтин хочет сказать с полным основанием, что учение Платона, противопоставляющее незыблемость «истинно-сущего» и зыбкость «мнимо-сущего», меона, имеет целью вовсе не простую констатацию различия онтологических уровней, но ориентацию человека по отношению к этим уровням: от человека ожидается активный выбор, то есть, по бахтински, «поступок».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А р и с т о т е л ь. Никомахова этика. Собрание сочинений в 4-х т. Т. 4. – М.: Мысль, 1983. – 829 с.
2. Б а х т и н М.М. К философии поступка. Работы 20-х годов. – Киев: Next, 1994. С. 17.
3. Г о м е р. Илиада и Одиссея. – М.: Наука, 1982. С. 13 – 15.
4. С е н е к а Л.А. Письма к Луцилию. Трагедии. – М.: Художественная литература, 1986. С. 120.
5. Д и о г е н Л а э р т с к и й. О жизни, учениях и изречения знаменитых философов. – М.: Мысль, 1986. – 233 с.

© 2012 г. Т.Л. Готьятова
Поступила 29 мая 2012 г.

2012 г. С.Г. Терскова

Сибирский государственный индустриальный университет

СПЕЦИФИКА СОЦИАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ИНВАЛИДОВ В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

На современном этапе развития российского общества возникла острая потребность в разработке и осуществлении новых подходов к реализации социальной политики в отношении инвалидов и смещении центра тяжести на ее реализацию в регионы. Н.И. Лапин отмечает [1], что регион – объект государственного управления и одновременно его субъект. Региональные органы власти осуществляют контроль над деятельностью подведомственных организаций и регулирование политико-административной, социальной и производственной инфраструктуры региона. Конкретно-практическая характеристика региона позволяет представить совокупность показателей (индикаторов, индексов), характеризующих состояние и динамику данного сообщества, качество жизни и социальное самочувствие различных его слоев и в соответствии с ними сформировать индивидуальную систему социальной политики данного субъекта.

Структурно регион как сообщество людей находится между обществом как целым и поселениями – городами и поселками, селами и деревнями, то есть первичными территориальными образованиями. Региону свойственны основные функции: жизнеобеспечивающая, статусно-дифференцирующая, духовно-интегрирующая, властно-регулирующая [2].

Социальная политика в регионе – это система конкретных мер, направленных на поддержание уровня и качества жизни отдельных категорий населения с учетом территориальных особенностей.

На сегодняшний момент переход к социальной политике в регионе является правомерным по ряду обстоятельств. Во-первых, региональная социальная политика – это сравнительно новый элемент системы социального вмешательства. Во-вторых, вопросы координации социальной политики на разных территориальных уровнях представляют особый интерес для современной России.

В Российской Федерации осуществляется подготовка документов для ратификации Кон-

венции ООН «О правах инвалидов». Ратификация требует анализа существующих проблем инвалидов, разработки новых законодательных актов и нормативных документов, удовлетворяющих требованиям Конвенции. В связи с этим исследование специфики реабилитации инвалидов на уровне региона приобретает особую значимость.

В регионе конкретным взаимодействием с инвалидами занимается ряд учреждений, подведомственных федеральному центру. Прежде всего, это учреждения медико-социальной экспертизы (МСЭ), в структуру которых входят бюро МСЭ и главное бюро МСЭ. На медико-социальной экспертизе человеку определяют группу инвалидности, осуществляют комплексную оценку состояния здоровья и степени ограничения жизнедеятельности, разрабатывают индивидуальную программу реабилитации и др.

Формирование бюро МСЭ производится исходя из численности населения, проживающего на территории субъекта РФ: как правило, одно учреждение на 70 – 90 тыс. человек при условии освидетельствования 1,8 – 2 тыс. человек.

Социальная защита инвалидов на уровне регионов складывается на базе двухзвенной системы управления: государственного органа управления (отделы, департаменты, комитеты) и муниципальных органов управления социальной защитой населения (управления, отделы). Первое звено координирует и контролирует все виды деятельности социальных служб и учреждений по региону.

Муниципальные органы управления социальной защитой населения в свою очередь курируют деятельность социальных служб (КЦСОН, реабилитационных центров и т.д.) непосредственно на уровне города или района.

Каждый регион обладает особенностями, и это находит свое отражение в его социальной политике. Например, Кузбасс – промышленный регион. Он состоит из 35 территориальных единиц, где проживает более 260 000 инвалидов (на 01.04.2011 г.), из них примерно

11 447 детей. В 2011 г. численность взрослых инвалидов I группы составила более 22 000 человек, II группы – более 138 000 человек, инвалидов, передвигающихся на колясках, – 4 294 человека, а инвалидов, находящихся на постельном режиме, – около 10 000 человек [3].

В первое десятилетие XXI века в Кузбассе наблюдался активный рост числа лиц, впервые признанных инвалидами: с 16 940 человек в 1999 г. до 34 235 в 2007 г., в том числе женщины составляли 39,1 и 55,3 % соответственно. Однако в 2010 – 2011 гг. замечен существенный спад численности впервые признанных инвалидов: 21 935 человек в 2010 г. и 19 672 человека в 2011 г. соответственно.

Среди административных территорий по показателям первичной инвалидности на 10 тыс. населения в 2008 г. лидируют г. Прокопьевск (242,6), Полысаево (229,2), Ленинск-Кузнецкий (206,2), Мыски (187,6).

Основными причинами первичной инвалидности за 2011 г. в Кузбассе являются: болезни системы кровообращения (6 256 человек взрослого населения); злокачественные новообразования (3 929 человек); цереброваскулярные болезни (3 010 человек); болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (2 804 человека); ишемическая болезнь сердца (2 245 человек); травмы и отравления (1 471 человек).

На IV Всероссийском конгрессе «Профессия и здоровье» в числе наиболее неблагополучных регионов был назван Кузбасс. Самое большое количество профессиональных патологий дают угольная и металлургическая отрасли, поэтому в Кемеровской области профзаболеваемость в 10 – 15 раз выше, чем в среднем по России.

Кузбасс является индустриальным регионом, показатели производственного травматизма составляют в регионе 9,5 – 10,7 на 1000 работающих граждан, превосходя средние российские показатели в 1,7 – 1,8 раза [4]. По данным Роспотребнадзора только в г. Новокузнецке во вредных производственных условиях трудятся 85 тыс. человек. В 2003 г. диагноз «профессиональное заболевание» был поставлен 74 гражданам, в 2004 г. – 100, в 2005 г. – 160, в 2010 г. – 100 гражданам. Чаше других от вредных факторов производственной среды страдают шахтеры. На большинстве предприятий изношенная угледобывающая техника не отвечает требованиям безопасности. Концентрация пыли, параметры вибрации горного оборудования, шума превышают допустимые нормы. В результате – заболевания органов дыхания, опорно-двигательного, слухового аппаратов, развитие вибрационной болезни. В

целом по Кузбассу за 2011 г. численность впервые признанных инвалидами по причине производственной травмы составила 341 человек, что на 44 человека меньше, чем в 2007 г. Среди ставших инвалидами в связи с профессиональным заболеванием также наблюдается положительная тенденция: с 452 человек в 2006 г. до 218 человек в 2007 г. и до 50 человек в 2011 г. Наблюдаемая положительная тенденция связана с реализацией в регионе национального проекта «Здоровье» и региональными программами, ориентированными на профилактические мероприятия, а также с дополнительным контролем за соблюдением техники безопасности на горных и других промышленных предприятиях.

Для осуществления реабилитации в регионах созданы специальные учреждения – реабилитационные центры. Они предназначены для оказания комплекса реабилитационных мер и мероприятий, которые носят медицинский, психологический, профессиональный и социокультурный характер. В Новокузнецке в 1976 г. был открыт Институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний АМН СССР.

Проблемы комплексной реабилитации и медико-социальной экспертизы инвалидов подробно исследуются в Кемеровской области такими исследователями-практиками, как Е.М. Васильченко, А.З. Виноградов, В.В. Захаренков, Л.В. Сытин, Г.И. Чеченин и др. Ежегодно в клинике, научно-исследовательском институте комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний СО РАМН в Новокузнецке обследуются около 5 тыс. кузбассовцев. У большинства пациентов выявляются одновременно два, иногда и три хронических заболевания, которые могут привести к приобретению статуса инвалида.

На наш взгляд, необходимо внедрять новые безопасные для здоровья технологии, развивать цеховые службы, которые занимались бы профилактикой профессиональных заболеваний, реабилитацией на ранних стадиях заболевания, не доводя работников до ограничения и полной потери трудоспособности.

В Кемеровской области существуют 68 подразделений службы медицинской профилактики, в том числе 5 центров, 45 кабинетов медицинской профилактики, открытых в ЛПУ. Кроме того, функционирует 352 школы здоровья, организованных на базе взрослых и детских поликлиник, женских консультаций¹.

¹ Богомолова Н.Д. Инновационные технологии организации охраны и укрепления здоровья населения. Автореф. д-ра мед. наук. – Кемерово, 2006. 49 с.

В начале 2005 г. Советом народных депутатов Кемеровской области были приняты законы для оказания дополнительных мер социальной поддержки инвалидам (Закон № 15-ОЗ «О мерах социальной поддержки отдельных категорий граждан» и Закон № 25-ОЗ «О социальной поддержке инвалидов»). В 2011 г. на реализацию последнего из бюджета было выделено 5,6 млн. руб. Денежные средства были направлены на гарантированные льготы и компенсации [5]. В целях социальной поддержки инвалидов и их общественных объединений органы государственной власти Кемеровской области ежегодно принимают региональную целевую программу «Социальная поддержка и реабилитация инвалидов», в которую включены мероприятия по социальной адаптации и реабилитации инвалидов, по поддержке общественных объединений инвалидов, их информационному обеспечению, проведению культурно-массовых и спортивных мероприятий для них и др.

В начале 2008 г. в Кузбассе была впервые принята среднесрочная (на три года) программа повышения уровня социальной защиты населения «Повышение уровня социальной защиты населения Кемеровской области на 2008 – 2010 годы». В ее состав вошла подпрограмма «Социальная поддержка и реабилитация инвалидов», ресурсное обеспечение которой составило 23,240 млн. руб и было профинансировано из областного и местных бюджетов [6].

Перспективы на изменение ситуации в лучшую сторону также связаны с реализацией программы «Здоровье работающего населения России на 2004 – 2015 годы», которая предусматривает проведение комплекса профилактических мероприятий. Кроме того, с 2001 г. в Кемеровской области началась реализация ряда целевых региональных программ («Здоровье кузбассовцев», «К здоровью – через питание»), основной целью которых является улучшение питания и состояния здоровья населения Кузбасса. В области систематически проводятся конференции, семинары, посвященные проблеме инвалидности, проходят губернаторские приемы, ежемесячно выпускаются благотворительные газеты «Инвалид», «Наш дом – Кузбасс». В них публикуются законы, постановления правительства, касающиеся инвалидов. Общие расходы на реабилитацию различных слоев населения составляют пятую часть областного бюджета. Бюджет Кемеровской области – социально-ориентированный. Материальные средства выделяются из местных бюджетов, из внебюджетных источников, сре-

ди которых значимую роль играет благотворительность.

В связи с промышленной спецификой региона с 2005 г. в Кемеровской области функционирует координационный совет по рассмотрению вопросов граждан, пострадавших от несчастных случаев и профессиональных заболеваний. На заседаниях совета обсуждаются различные вопросы, связанные с медико-социальной реабилитацией, социальными льготами, медико-социальной экспертизой и т.д.

В последние годы в г. Кемерово создан городской координационный совет по делам ветеранов и инвалидов, а в г. Новокузнецке – координационный совет по делам инвалидов. Советы обсуждают все вопросы в комплексе с участием всех служб города: социальной защиты, образования, здравоохранения, культуры, спорта, службы занятости, промышленных предприятий города и других служб. Таким образом, постепенно формируется система социального партнерства в реабилитационном процессе.

При подготовке решений, программ, законодательных документов, затрагивающих реабилитационные интересы людей с ограниченными физическими возможностями, органы власти всех уровней обычно не привлекают самих инвалидов. Иногда этим занимаются люди, которые не имеют специального образования и представления о реальных проблемах инвалидов, поэтому необходимо чаще привлекать общественные организации инвалидов к разработке специальных документов, определяющих их судьбу.

В регионах до настоящего времени отсутствует единая система реабилитации инвалидов, которая бы позволяла координировать и направлять деятельность различных органов и учреждений, ответственных за осуществление мероприятий по медицинским, социальным и профессиональным аспектам реабилитации. Речь идет о единой централизованной системе комплексной медицинской, социальной и профессиональной реабилитации, хотя в области есть все возможности: научный потенциал, медицинская база.

Дополнительными рекомендациями по реализации социальной политики в регионе в отношении инвалидов выступают следующие организационно-управленческие и социальные меры:

– разработать механизм практического разграничения полномочий и ответственности регионов и муниципальных образований по проблемам реабилитации инвалидов;

– создавать благоприятные условия для работы общественных организаций инвалидов и волонтерских организаций в регионе, что может стать значимым шагом для процесса социальной реабилитации инвалидов (льготное налогообложение);

– организовать региональную программу комплексной реабилитации инвалидов по принципу социального партнерства всех структур, связанных в реабилитационном процессе;

– усилить внимание к требованиям молодых людей с инвалидностью по решению конкретных проблем, расширить деятельность по программам поддержки молодых людей с инвалидностью, переходящих во взрослую жизнь, семей, воспитывающих детей-инвалидов подросткового возраста, и людей, которые приобрели статус инвалида в результате несчастного случая;

– на уровне региона соблюдать дифференциацию при начислении социальных и трудовых пенсий по инвалидности и учитывать семейное положение, суммарный уровень доходов, степень утраты трудоспособности, состояния здоровья, наличие иждивенцев и другие факторы;

– поддержать социальную активность инициативных групп людей с инвалидностью, обучить их методам ведения гражданских действий по защите своих прав и интересов, обеспечить компетентное участие социологов в обосновании и реализации программ по реабилитации инвалидов в регионе;

– организовать профилактические беседы или разработать спецкурс в учебных заведениях.

Основными целями этих мероприятий являются предотвращение инвалидности и экономия средств на реабилитацию.

Выводы. Активные формы участия института социальной политики и местных сообществ

в реабилитации инвалидов могут стимулировать повышение статуса региона и приблизить общество к индивиду, наполнить глубоким содержанием взаимоотношения личности и региональных сообществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лапин Н.И. Регион, его статус и функции в российском обществе: теоретико-методические основы исследования // Социс. 2006. № 8. С. 25 – 34.
2. Шпак Л.Л. Социальное развитие региона // Регион: власть, политика и местное развитие: материалы региональной науч. конф. / Отв. ред. О.В. Омеличкин, Л.Л. Шпак. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2005. С. 21.
3. Цифры и факты // Инвалид. 2011. № 6. С. 4, 5.
4. Большакова Е.В., Ханченков Н.С., Пронских А.А. Опыт лечения пострадавших непосредственно после тяжелых несчастных случаев на производстве // Гигиенические, клинические и экспериментальные аспекты медицины труда: материалы XLII научно-практической конф. с международным участием / Под ред. В.В. Захаренкова. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2007. – 219 с.
5. О внесении изменений в Закон Кемеровской области «Об областном бюджете на 2011 год и плановый период 2011 и 2012 гг.» // Кузбасс. 2010. 1 – 9 ноября. С. 4.
6. Социальная поддержка в цифрах и фактах (по данным департамента социальной защиты населения Кемеровской области) // Инвалид. 2010. № 11. С. 1, 2.

© 2012 г. С.Г. Терскова
Поступила 12 апреля 2012 г.

2012 г. М.А. Соколова, Н.Ф. Акимова

Сибирский государственный индустриальный университет

СОЦИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА В ОТНОШЕНИИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ В СУБЪЕКТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дети в любом государстве находятся в особом привилегированном положении. Забота о подрастающем поколении проявляется в самых различных областях его деятельности. Среди этих направлений охрана прав и законных интересов несовершеннолетних должна быть главенствующей.

Несовершеннолетние наряду с престарелыми, инвалидами, беременными женщинами, душевнобольными относятся к числу лиц, которые значительно чаще подвергаются негативному воздействию со стороны общества, а потому нуждаются в особой защите своих прав и законных интересов.

Необходимость усиленной заботы о несовершеннолетнем определена рядом характерных для него специфических особенностей: беззащитностью, беспомощностью, недостаточностью жизненного опыта, податливостью и склонностью к подражанию, неуравновешенностью, импульсивностью. С точки зрения особенностей психических процессов подростка его отличает также способность к неадекватному восприятию, запоминанию и воспроизведению некоторых фактических данных о наблюдаемых событиях [1]. В доктрине российского права несовершеннолетним признается человек, не достигший определенного возраста, с достижением которого закон связывает его полную дееспособность, т.е. реализацию в полном объеме субъективных прав и юридических обязанностей, провозглашенных Конституцией и другими законами страны [2]. Российское законодательство, закрепляя права и обязанности ребенка, использует два термина: «малолетний» – в силу возраста им признается гражданин с момента рождения до достижения 14 лет и «несовершеннолетний» – в возрасте от 14 до 18 лет [3].

В силу наличия у несовершеннолетнего определенных возрастных особенностей он не в состоянии самостоятельно защитить свои права так же эффективно, как взрослый, что является главной причиной создания и действия в Российской Федерации специальных правовых средств по защите ребенка.

Одним из приоритетных направлений государственной социальной политики является обеспечение соблюдения прав ребенка, что предполагает признание за ним всей полноты социально-экономических, политических, личных прав и свобод, закрепленных Конституцией, международным законодательством, иными федеральными и региональными нормативными актами.

Под правовой защитой несовершеннолетних следует понимать систему нормативных правовых актов, устанавливающих правовой статус несовершеннолетних как участников общественных правоотношений (права, обязанности, гарантии соблюдения прав и обязанностей) и закрепляющих основы организации деятельности системы органов по работе с несовершеннолетними и защите их прав и законных интересов [4].

Правовая защита охватывает все сферы жизнедеятельности несовершеннолетнего: воспитание, образование, медицинское обслуживание, трудовую занятость, социальное обеспечение, досуг и др. в соответствии с Конвенцией ООН о правах ребенка [5].

Наиболее важными стратегическими задачами российского государства и общества в сфере улучшения положения несовершеннолетних являются следующие:

- максимально возможное в рамках имеющихся ресурсов сохранение базовых гарантий обеспечения жизнедеятельности и развития детей и минимизация их потерь в уровне жизни;
- обеспечение беспрепятственного доступа детей к системам образования и здравоохранения, развитие различных форм материальной поддержки семей с детьми;
- приоритетное внимание проблемам детей, находящихся в особо трудных условиях, детей-сирот и детей-инвалидов, расширение форм помощи этим категориям детей, основанных на новой для России доктрине – гуманизации обращения с такими детьми на основе уважения прав ребенка и максимально возможной интеграции их в семью и общество в результате принятых мер;

– создание механизмов профилактики и социальной реабилитации детей в условиях возникновения новых рисков – беспризорности, расширения насилия по отношению к детям, роста наркомании и преступности, вынужденного перемещения;

– законодательное обеспечение прав детей и мер политики по отношению к детям, создание административных, организационных и финансовых механизмов обеспечения прав детей, подготовка необходимых для этого кадров [6].

За последнее десятилетие был реализован широкий комплекс мер, направленных на защиту детей в период экономических трансформаций в рамках выполнения «Основных направлений государственной социальной политики по улучшению положения детей в Российской Федерации».

Реализация мер государственной социальной политики в предшествующее десятилетие позволила обеспечить: максимально возможное в рамках имевшихся ресурсов сохранение базовых гарантий обеспечения жизнедеятельности и развития детей и минимизацию потерь в уровне жизни; сохранение доступа детей к системам образования и здравоохранения, развитие различных форм материальной поддержки семей с детьми; гуманизацию обращения с детьми на основе уважения прав ребенка; создание механизмов профилактики и социальной реабилитации детей в условиях возникновения новых социальных рисков; законодательное обеспечение прав детей и мер политики по отношению к детям.

Стратегической целью государственной социальной политики в интересах детей на период до 2010 г. являлось создание необходимых правовых, социально-экономических, социально-культурных условий для физического, психологического, духовного, социального, эмоционального, познавательного и культурного развития детей и реальное обеспечение основных гарантий прав ребенка в Российской Федерации на основе повышения уровня жизни населения и модернизации экономики в соответствии со Стратегией социально-экономического развития России на период до 2010 г. [7].

Основные направления государственной социальной политики в интересах детей Российской Федерации до 2010 г. (далее – Основные направления) определяют цели, приоритетные задачи жизнеобеспечения детей до 2010 г. и направлены на обеспечение прав ребенка, дальнейшее решение крупномасштабных задач жизнеобеспечения и защиты конституционных прав и социальных гарантий

детей, реализацию единых приоритетов и ориентиров государственной социальной политики в интересах детей в деятельности органов власти всех уровней, совершенствование механизмов решения поставленных задач в этой сфере с учетом макроэкономических и социальных ограничений развития страны в соответствии с краткосрочными и долгосрочными социально-экономическими прогнозами. Их реализация стала способствовать улучшению демографического развития Российской Федерации.

Цели и принципы государственной политики в области защиты прав детей сформулированы в Федеральном законе «Об основных гарантиях прав ребенка в Российской Федерации» от 24 июля 1998 г., согласно которому ребенку от рождения принадлежат и гарантируются государством права и свободы человека и гражданина в соответствии с Конституцией РФ, общепризнанными принципами и нормами международного права, международными договорами РФ, Семейным кодексом РФ и другими нормативными правовыми актами РФ. Данный закон устанавливает цели государственной политики в интересах детей. К ним отнесены: осуществление прав детей, предусмотренных Конституцией РФ, недопущение их дискриминации, а также восстановление их прав в случаях нарушений; формирование правовых основ гарантий прав ребенка; содействие физическому, интеллектуальному, психическому, духовному и нравственному развитию детей, воспитанию в них патриотизма и гражданственности. Определен круг полномочий органов государственной власти РФ на осуществление гарантий прав ребенка. Установлены основные направления обеспечения прав ребенка, а также организационные основы их гарантий [8].

Приостановлению роста безнадзорности и беспризорности детей и подростков и предотвращению правонарушений против несовершеннолетних служит Федеральный закон «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних» от 24.06.99 № 120-ФЗ [9]. Этот закон закрепил комплекс правовых интересов и безопасности несовершеннолетних, создал правовую базу для реализации программ, направленных на оздоровление общества. Настоящий Федеральный закон в соответствии с Конституцией РФ и общепризнанными нормами международного права устанавливает основы правового регулирования отношений, возникающих в связи с деятельностью по профилактике безнадзорности и правонарушений несовершенно-

нолетних. Эти документы явились законодательной основой создания единой системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних, которая определена Законом как система социальных, правовых, педагогических и иных мер, направленных на выявление и устранение причин и условий, способствующих беспризорности, безнадзорности, правонарушениям и антиобщественным действиям несовершеннолетних, осуществляемых в совокупности с индивидуальной профилактической работой с детьми и семьями, находящимися в социально опасном положении.

Категория лиц, в отношении которых органами и учреждениями системы профилактики проводится индивидуальная профилактическая работа – это несовершеннолетние, находящиеся в социально опасном положении, т.е. в обстановке, представляющей опасность для жизни и здоровья или не отвечающей требованиям к их воспитанию и содержанию, либо совершающие правонарушения или антиобщественные действия, а также родители или законные представители несовершеннолетних, если они не исполняют своих родительских обязанностей и (или) отрицательно влияют на их поведение либо жестоко обращаются с ними [10].

В качестве приоритетных направлений развития социальной политики в системе мер противодействия криминальной активности несовершеннолетних выступают:

- всемерное укрепление семьи как наиболее значимого социального института, оказывающего решающее влияние на формирование личности несовершеннолетнего;

- полноценное решение проблем реабилитации, воспитания и образования детей-сирот и детей без попечения родителей;

- реализация комплекса мер по существенному улучшению ситуации в области образования подрастающего поколения как особой сферы, требующей дальнейшего развития;

- создание необходимых предпосылок для противодействия распространению наркотиков среди несовершеннолетних, противодействия вовлечению их в незаконный оборот наркотических и психотропных веществ;

- создание комплексной системы правового воспитания, нацеленной на обеспечение реальной альтернативы криминальному образу жизни [11].

Государственную систему профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних, защиту их прав составляют:

- комиссии по делам несовершеннолетних и защите их прав;

- органы управления социальной защитой населения и учреждения социального обслуживания;

- органы управления образованием;

- органы опеки и попечительства;

- органы по делам молодежи;

- органы управления здравоохранения;

- органы службы занятости;

- органы внутренних дел;

- иные органы и учреждения, осуществляющие в пределах своей компетенции меры по профилактике правонарушений несовершеннолетних [9].

Это обусловлено в первую очередь тем, что приоритет в профилактике преступлений и правонарушений несовершеннолетних следует отдавать социальным службам и их учреждениям, поскольку основной причиной преступного поведения несовершеннолетних является их социальная дезадаптация [12].

Указанные выше учреждения (социальные службы для молодежи, социально-реабилитационные центры для подростков и молодежи, центры социально-психологической помощи и т.д.) бесплатно предоставляют различные виды социальных услуг, проводят индивидуальную профилактическую работу с несовершеннолетними, находящимися в социально-опасном положении, разрабатывают и реализуют программы социальной реабилитации и программы защиты социально-правовых интересов указанной категории несовершеннолетних.

В профилактике правонарушений несовершеннолетних большая роль принадлежит органам социальной защиты населения и создаваемым ими специализированным учреждениям для несовершеннолетних, нуждающихся в социальной реабилитации (социально-реабилитационным центрам для несовершеннолетних, социальным приютам для детей, центрам помощи детям, оставшимся без попечения родителей, психологическим и кризисным центрам и т.п.) [13]. При этом основными проблемами, с которыми сталкиваются данные субъекты, являются: при постоянном увеличении количества дезадаптированных подростков недостаточное количество данных учреждений, недостаточная квалификация сотрудников, работающих в этой сфере, в связи с отсутствием специализированной системы подготовки и переподготовки кадров; низкий уровень материально-технического и методического обеспечения их деятельности и др. [14].

В настоящее время в Российской Федерации пока еще далеки до совершенства управленческие механизмы, организующие системную работу по защите основных прав ребенка,

гарантированных международными и российскими нормативными правовыми актами, прав детей на достойное развитие, защиту от пренебрежения и жестокого обращения со стороны взрослых. Увеличение числа преступлений несовершеннолетних связано с ненадлежащим исполнением родительских обязанностей по воспитанию и содержанию детей, поэтому необходимо ужесточение статьи Семейного кодекса права и обязанностей родителей по защите прав и интересов детей.

Практически отсутствуют гарантии детям на экстренную помощь в трудной жизненной ситуации, своевременное выявление и реабилитация детей, находящихся в социально опасном положении. В большинстве случаев принимаемые нормативные правовые акты остаются лишь декларативными, поскольку отсутствуют механизмы их реализации как на федеральном, так и региональном уровнях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Криминалистическая энциклопедия / Под ред. Р.С. Белкина. – М.: Мегатрон XXI, 2007. – 240 с.
2. М е л ь н и к о в а Э.Б. Ювенальная юстиция: учебное пособие. – М.: Мегатрон XXI, 2005. – 166 с.
3. Российская Федерация. Конституция Российской Федерации. Принята 12.12.1993 г. с изм. от 09.06.2001 г. // Российская газета. 2001. № 27. 8 с.
4. Б у д а н о в С.А. Правовая защита информационной безопасности несовершеннолетних в международном законодательстве // Общество и право. 2008. № 1. С. 200.
5. Российская Федерация. Генеральная Ассамблея. // Собрание законодательства Российской Федерации. 02.09.1990. № 44/25.
6. Права детей в Российской Федерации: законодательство и практика // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. 2003. № 3. 196 с.
7. Национальный план действий в интересах детей: [Электронный ресурс]: Основные направления государственной социальной политики по улучшению положения детей в РФ до 2010 г. – Режим доступа: <http://akev.ru/content/view/204/49/>
8. Российская Федерация. Законы. Об основных гарантиях прав ребенка в Российской Федерации от 24 июля 1998 г. № 124. Федеральный закон // Ведомости СНД И ВС РФ. 24.07.1998. № 22.
9. Российская Федерация. Законы. О профилактике безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних и защите их прав от 24 июня 1999 г. № 120. Федеральный закон // Ведомости СНД И ВС РФ. – 24.06.1999. № 22.
10. Б о р и с о в а Н. Ювенальное право: некоторые проблемы формирования в условиях Российской Федерации // Право и жизнь. 2005. № 17. С. 25.
11. Социальная политика в отношении несовершеннолетних из неблагополучных семей // Вопросы ювенальной юстиции. 2006. – 50 с.
12. З ы к о в О.В., Х а н а н а ш в и л и Н.Л., А в т о м о н о в а А.С. Ювенальные технологии: практическое руководство по реализации территориальной модели реабилитационного пространства для несовершеннолетних группы риска. – М.: НАН, 2007. – 352 с.
13. В о р о н о в а Е.Л. Создание службы пробабии для несовершеннолетних в России [Электронный ресурс]: Ювенальная юстиция в России – Режим доступа: <http://www.juvenilejustice.ru>.
14. Национальный доклад о прогрессе, достигнутом РФ в ходе осуществления целей Всемирной декларации и плана действий Всемирной встречи на высшем уровне в интересах детей [Электронный ресурс]: материалы доклада Всемир. встреч. - практ. конф., Нью-Йорк, 19 – 21 сентября 2001 г.– Режим доступа: <http://www.nan.ru>.

© 2012 г. М.А. Соколова, Н.Ф. Акимова
Поступила 10 апреля 2012 г.

РЕФЕРАТЫ

УДК 669.187:621.771

Влияние режимов транспортировки и нагрева слитков на качество их макроструктуры / Уманский А.А., Леонидов А.В. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 3.

В условиях ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» исследовано влияние режимов транспортировки и нагрева слитков полуспокойной стали на формирование их внутренней структуры. При увеличении продолжительности нахождения слитков в нагревательных колодцах происходит ухудшение качества их макроструктуры за счет увеличения количества внутренних несплошностей со скоплениями неметаллических включений. Локализация оксидных неметаллических включений в порах слитка связана с окислением поверхности внутренних пустот кислородом печной атмосферы. Полученные при проведении промышленных экспериментов выводы подтверждены анализом данных текущего производства. Табл. 3. Ил. 3. Библ. 5.

УДК 621.791.927.55

Деформационная способность наплавленного теплостойкого металла типа P2M8 при мартенситном превращении / Вострецов Г.Н. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 7.

Исследована деформационная способность наплавленного теплостойкого металла высокой твердости при мартенситном превращении. Сформулированы основные требования, предъявляемые к термическому циклу наплавки исходя из возможности получения качественного наплавленного металла с высокими служебными свойствами. Ил. 4. Табл. 1. Библ. 3.

УДК 669.04:539.388

Градиенты структуры и фазового состава поверхности аустенитной стали 20X23H18 после электронно-пучковой обработки / Воробьев С.В., Сизов В.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Коновалов С.В. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 11.

Электронно-пучковая обработка с плотностью энергии 20 Дж/см² увеличивает усталостный ресурс нержавеющей стали 20X23H18 в 2,1 раза. Методами оптической и просвечивающей дифракционной электронной микроскопии проведены исследования градиентных структурно-фазовых состояний и дефектной субструктуры аустенитной стали 20X13H18, подвергнутой электронно-пучковой обработке. Ил. 3. Библ. 10.

УДК 622.83.001.57

Математическое моделирование распределений перемещений и напряжений в кусочно-однородном изотропном массиве / Цветков А.Б., Фрянов В.Н. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 14.

С помощью математического моделирования выполнен анализ напряженно-деформированного состояния горизонтально-слоистого массива. Моделирование проводилось с учетом согласования граничных условий для моделей однородных блоков с использованием метода конечных разностей. Результаты моделирования согласуются с известным численным решением, полученным методом конечных элементов. Ил. 2. Библ. 5.

УДК 622.831

Сдвигение горных пород Таштагольского месторождения как отражение геодинамических процессов / Лобанова Т.В. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 16.

Приведены результаты исследований развития геодинамических процессов Таштагольского железорудного месторождения по данным мониторинга сдвига горных пород и земной поверхности на комплексном геодинамическом полигоне по постоянным станциям на поверхности и в шахте. Определены особенности сдвига горных пород и формирования геодинамической ситуации при отработке месторождения и влиянии природных факторов. Установлены прогностические признаки формирования горных ударов и требования к методам прогноза горных ударов. Ил. 3. Табл. 1. Библ. 5.

УДК 531.8

Проблемы совершенствования трехсателлитных планетарных механизмов / Андреева Я.А., Жуков И.А. // «Вестник СибГИУ». – 2012. – № 1. – С. 23.

Обоснована проблема разработки планетарных механизмов без избыточных связей. Приведены кинематическое решение и компьютерная модель самоустанавливающегося трехсателлитного планетарного механизма. На основе предварительных теоретических исследований сформулированы задачи, направленные на решение проблем совершенствования планетарных трехсателлитных механизмов. Ил. 3. Библ. 7.

УДК 656.222

Необходимость строительства скоростной трансазиатской магистрали / Воскресенский И.В., Воскресенская Т.П. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 26.

Показана актуальность проблемы развития транспортной системы страны, а именно, радикального повышения товаропроводящей способности транспортной системы страны за счет формирования скоростного магистрального евроазиатского хода с одновременным внедрением сети сборно-распределительных терминалов с политранспортным обслуживанием, позволяющих максимально сократить простои транзитных вагонопотоков, не уменьшая при этом объемы и сроки обслуживания повагонных и мелкопартионных грузов.

УДК 621.746.27:62-83

Нелинейный электропривод тянущей клетки МНЛЗ / Кунин П.Н., Рыбаков А.И. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 30.

Решается задача создания системы управления электромеханическими процессами с учетом нелинейностей в непрерывном их изменении с введением дополнительных обратных связей, обеспечивающих улучшение динамических процессов системы управления электроприводом в зоне ослабления магнитного потока двигателя при стабилизации ЭДС в этой зоне на номинальном уровне. Улучшение точности компенсации нелинейностей достигается форсирующей составляющей, введенной в нелинейную составляющую регуляторов. Ил. 2. Библ. 3.

УДК 621.577

Перспективы и возможности использования тепловых насосов в энергоснабжении Кузбасса / Стерлигов В.В., Михайличенко Т.А., Турлак Н.В. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 34.

Повышение цен на энергоносители и рост загрязнения окружающей среды вызывают необходимость пересмотреть свое отношение к использованию традиционных энергоресурсов и обратить внимание на альтернативные источники энергии. Тепловые насосы имеют практически неограниченные возможности, когда речь идет об эффективности использования таких источников энергии, которые не только обеспечивают большую энергонезависимость и значительную экономическую выгоду, но и позволяют защитить окружающую среду. Практический интерес к тепловым насосам, проявившийся в последние годы, связан с возможностью утилизации низкопотенциальных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. При этом одновременно с задачей утилизации вторичных энергоресурсов использование тепловых насосов решает и насущные задачи энергоснабжения конкретного производства. В кузбасском регионе присутствует практически весь спектр низкопотенциальных источников энергии для реализации энергосберегающих возможностей тепловых насосов. Библ. 6.

УДК 669.046:662.61

Физико-химическая модель горения капель водоугольного топлива / Ермакова Л.А., Мочалов С.П., Калашников С.Н., Пермяков А.А. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 37.

Рассмотрен механизм горения капель суспензионного водоугольного топлива в вихревой топке автоматизированного энергогенерирующего комплекса. Предложена физико-химическая схема процесса, состоящего из нескольких независимых параллельно-последовательных стадий. Предложенный механизм горения капель подтверждается гранулометрическим анализом и стереомикроскопическим исследованием продуктов горения. Ил. 3. Табл. 2. Библ. 1.

УДК 546.657'141: (546.05+543.57)

Термические константы плавления бромида неодима (III) / Бендре Ю.В., Зенцова С.В., Горюшкин В.Ф. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 41.

Взаимодействием оксида неодима (III) с бромоводородной кислотой и дальнейшим контролируемым обезвоживанием кристаллогидрата $NdBr_3 \cdot nH_2O$ в вакууме с возгонкой вещества на заключительной стадии синтезированы образцы $NdBr_3$. Проведена их идентификация методом химического анализа. Результаты химического анализа (суммарное содержание элементов $99,91 \pm 0,16 \%$, отношение количеств компонентов $v(Br)/v(Nd) = 2,996 \pm 0,014$) подтверждают высокую чистоту и требуемую стехиометрию полученных в параллельных синтезах веществ. Методом ДТА в количественном варианте в условиях предотвращения термического разложения $NdBr_3$ определены температура ($T_m(NdBr_3) = 959 \pm 2 \text{ K}$) и энтальпия ($\Delta_m H^\circ(NdBr_3) = 30 \pm 2 \text{ кДж/моль}$) плавления, а затем рассчитана энтропия плавления ($\Delta_m S^\circ(NdBr_3) = 31 \pm 2 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$). Ил. 1. Табл. 1. Библ. 9.

УДК 666.972.3

Исследование сырьевых материалов для дорожного бетона / Стеблюк А.Н. // «Вестник СибГИУ». – 2012. – № 1. – С. 44.

Рассмотрены способы улучшения характеристик дорожного бетона. Исследовано влияние асбестовых микроволокон на прочностные показатели бетона. Изложены результаты испытаний новой пластифицирующей добавки техногенного происхождения. Ил. 2. Табл. 1. Библ. 4.

УДК 658.567.1.691

Модель работы с техногенными продуктами как сырьем для стройиндустрии / Панова В.Ф., Панов С.А. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 47.

Рассмотрены новые комплексные подходы, поэтапность исследования и применения промышленных отходов в производстве строительных материалов и изделий. Приведена методика оценки техногенных продуктов как заполнителя, расчет состава вяжущего из отходов, полученных в процессе термической обработки, по химической оценке составляющих. Ил. 3. Табл. 1. Библ. 4.

УДК 662.66:658.567.1.004.942

Математическое моделирование процессов горения суспензионного водоугольного топлива в вихревой топке / Рыбенко И.А., Мочалов С.П., Мочалов П.С., Калашников С.Н. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 52.

Дана характеристика процессов, протекающих в вихревой топке при горении суспензионного водоугольного топлива из отходов углеобогащения. Для решения задач моделирования и оптимизации статических режимов сжигания суспензионного водоугольного топлива в вихревой топочной камере разработаны методики и система расчета, основанные на термодинамическом моделировании, расчетах материального и теплового балансов и решении задачи оптимизации. С использованием разработанной методики и системы расчета статических режимов горения суспензионного водоугольного топлива реализована динамическая математическая модель физико-химических процессов в вихревой топке при сжигании такого топлива. Модель может использоваться при разработке режимов сжигания и создания систем управления автоматизированными энергогенерирующими комплексами. Ил. 2. Библ. 3.

УДК 628.16

Повторное использование промывных вод на Левобережном водозаборе г. Новокузнецка / Ланге Л.Р., Дордин В.Д. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 57.

Представлены результаты исследования возможности очистки повторнозагрязненных вод с целью их дальнейшего использования. Проведены исследования по их осаждаемости при разном соотношении промывных и шламовых вод. Представлены результаты исследования по отстаиванию промывных вод фильтров без использования реагента и с реагентом «Праестол» с оптимальной дозой. Предложена схема повторного использования промывных вод с поэтапным внедрением на Левобережном водозаборе г. Новокузнецка. Ил. 3.

УДК 338:45:669.1

Формирование рациональных программ управления электрошлаковым процессом упрочнения деталей новыми композиционными материалами / Быстров В.А., Грекова Н.Ю., Трегубова О.Г. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 60.

Рассмотрены проблемы инновационного управления электрошлаковым процессом упрочнения деталей новыми композиционными материалами для повышения качества металлопродукции. В области принятия решений используются только те методы управления, которые полнее всех соответствуют данной конкретной ситуации снижения издержек производства и повышения качества продукции, способствующих инновационной активности предприятия и конкурентоспособности готовой продукции. Ил. 2. Библ. 7.

УДК 378.014.543

Методы формирования бюджета образовательного учреждения / Первалова Э.В. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 65.

Описаны все известные методы бюджетирования, которые в той или иной степени используются вузами. Принятие одного какого-либо метода как основополагающего приведет к нерациональному бюджетированию. Предлагается использовать сочетание всех методов управления бюджетным процессом, т.е. комбинированный метод, что позволит осуществлять расчет финансирования различных статей разными методами на основе необходимых критериев эффективности (величина затрат, качество, нормы и др.) и учитывать все варианты расчета величин каждой статьи расходной части бюджета. Табл. 1.

УДК 81.27:159.9:316.334

Поиск констант философии поступка для решения проблемы целостности человеческой личности (По историко-философскому материалу Древней Греции) / Готьятова Т.Л. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 70.

Решение проблемы поступка не только философской проблемы, но этической проблемы позволяет выработать новое мировоззрение, являющееся основой универсальной картины мира, столь необходимой в наше время конфликта философских идей. Ответ на этот вопрос о сущности поступка дает человеку возможность стать целостной личностью. Актуализацию статьи обусловили социальные вызовы сегодняшнего дня. Экзистенция поступка складывается из принципов эссенциальности человека в кризисные моменты его бытия. В статье показано, что «кризис поступка» сегодня – это следствие дистанции между «волей» и «разумом», которая не позволяет человеку проявлять себя как целостному и поступающему творению. Человек уникален и несет огромную ответственность за сохранение уникальности своего места в мире. Отсюда собственная жизнь представляется как необходимое «поступание» человека, то есть ответственное отношение к себе, к другому, к родному краю. Поступок – это онтологический феномен, это наивысшая степень определенности бытия. Он – реальность, которая требует постоянного саморазвития личности индивида и обращение к общему прошлому человечества, коей является древнегреческая философия, где платоновский «активный выбор» становится тождественным современному пониманию термина «поступок», сегодня звучит весьма актуально. Библ. 5.

УДК 364.262.4.043

Специфика социальной реабилитации инвалидов в регионе (на примере Кемеровской области) / Терскова С.Г. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 75.

Отражены особенности реализации социальной политики в отношении инвалидов на уровне региона. На примере Кемеровской области охарактеризован комплекс учреждений и социальных служб, участвующих в системе социальной политики, нормативные акты, программы и статистические данные по вопросам инвалидности. Определены основные пути (направления) социально-политического решения реабилитационных проблем инвалидов в социальной политике региона, такие как укрепление партнерства между социальными службами и самодетельными организациями инвалидов, реабилитационными центрами, предприятиями города. Библ. 6.

УДК 362.7/8

Социальная политика в отношении несовершеннолетних в субъектах Российской Федерации / Соколова М.А., Акимова Н.Ф. // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 79.

Показано, что несмотря на существование ряда законодательных и нормативно-правовых актов, документов, программ, обеспечивающих комплекс мер по защите прав детей, они все равно нарушаются. Приоритет в профилактике правонарушений и преступлений несовершеннолетних следует отдавать социальным службам и их учреждениям, поскольку именно здесь подростки смогут получить профессиональную и квалифицированную помощь. Библ. 14.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В журнале «Вестник Сибирского государственного индустриального университета» публикуются статьи, содержащие наиболее существенные результаты научно-технических экспериментальных исследований, а также итоги работ проблемного характера по следующим направлениям:

1. Metallургия 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.

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 и один – на электронном.

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 CD или FD. 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 75×75 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 приложения (*.xls, *.vsd и др.). На обратной стороне рисунка должны стоять порядковый номер, соответствующий номеру рисунка в тексте, фамилии авторов, название статьи.

Формулы вписываются четко. Шрифтовое оформление физических величин следующее: латинские буквы в светлом курсивном начертании, русские и греческие – в светлом прямом, числа и единицы измерения – в светлом прямом начертании. Особое внимание следует обратить на правильное изображение индексов и показателей степеней. Если формулы набираются с помощью редакторов формул Equatn или Math Type, следить, чтобы масштаб формул был 100 %. Масштаб устанавливается в диалоговом окне «Формат объекта». В редакторе формул для латинских и греческих букв использовать стиль «Математический» («Math»), для русских – стиль «Текст» («Text»). Размер задается стилем «Обычный» («Full»), для степеней и индексов – «Крупный индекс/ Мелкий индекс» («Subscript/Sub-Subscript»). Недопустимо использовать стиль «Другой» («Other»).

Необходимо избегать повторения одних и тех же данных в таблицах, графиках и тексте статьи. Объем статьи не должен превышать 8 – 10 страниц текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала, и трех рисунков.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором (при наличии нескольких авторов, число которых не должно превышать пяти, – всеми авторами); в конце рукописи указывают полное название высшего учебного заведения (предприятия) и кафедры, дату отправки рукописи, а также полные сведения о каждом авторе (Ф.И.О., место работы, должность, ученая степень, звание, служебный и домашний адрес 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 должен быть минимальным. 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, название статьи, полное название журнала, год издания, номер тома, номер выпуска, страницы, занятые статьей; в) для статей из сборников – фамилии и инициалы авторов, название статьи, название сборника, 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 должна быть приложена аннотация в двух экземплярах объемом не более 1/2 страницы текста, напечатанного шрифтом 14 через полтора интервала.

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.